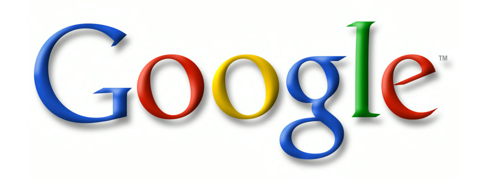






1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860.

ANNÉE 1871

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

26, RUE BUFFAULT, 26

PARIS

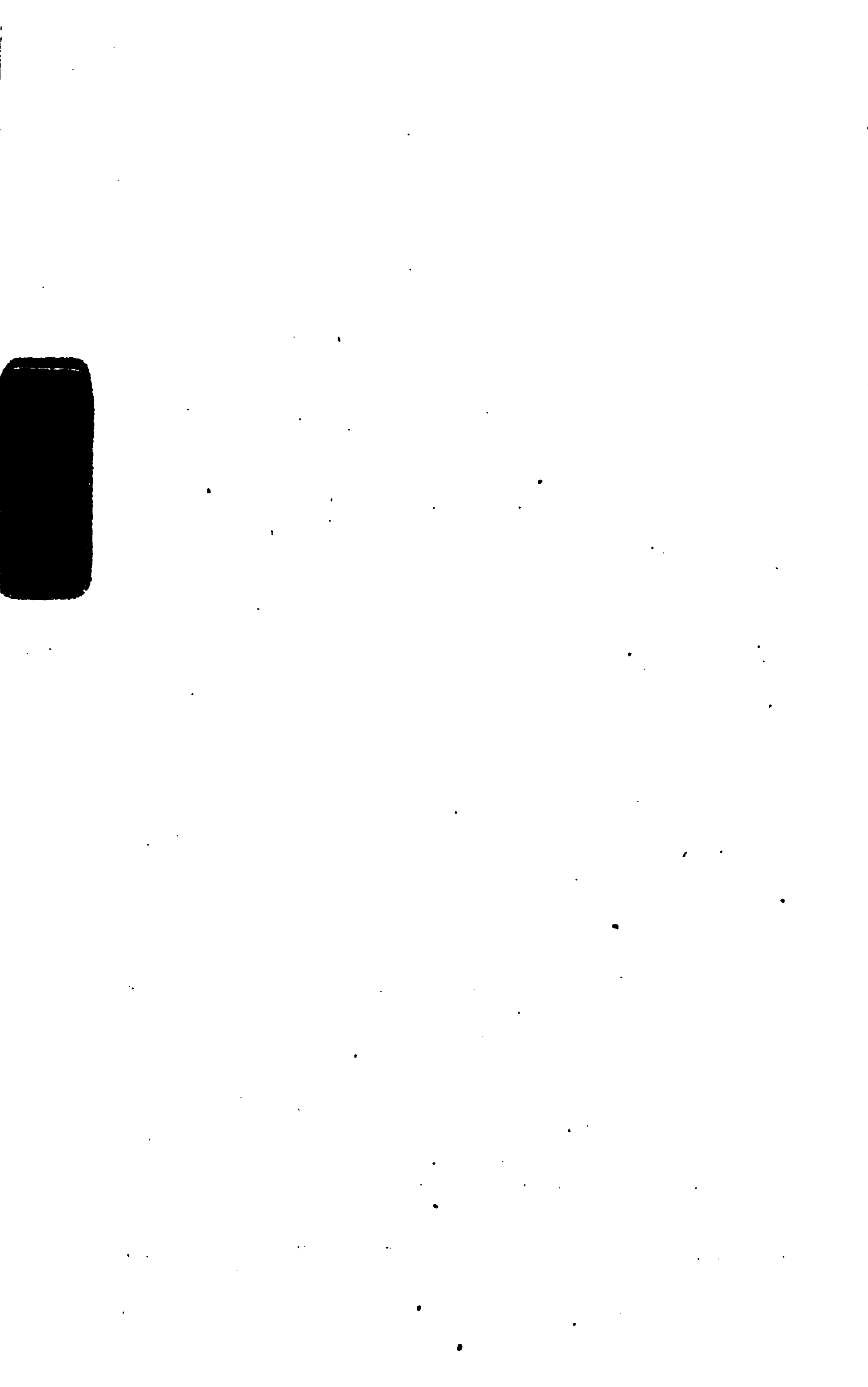
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

EUGÈNE LACROIX, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

RUE DES SAINTS-PÈRES, 54.

1871



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JANVIER, FÉVRIER, MARS 1871)

N° 13

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Projectiles fabriqués à Paris pendant le siége*, par M. Jordan (séances des 6 janvier et 3 février, pages 15 et 56).

2° *Matériel accessoire des canons* (affûts, caissons et autres engins), par M. J. Gaudry (séance du 6 janvier, page 15).

3° *Bouillon solide*, par M. Badois (séance du 6 janvier, page 7).

4° *Meules de moulins* (*Mouvements oscillatoires des*) par M. Yvon Villarceau (séance du 20 janvier, page 48).

5° *Affût de l'amiral Labrousse*, par M. David (séance du 20 janvier, page 52).

6° *Dynamite* (*La*), par M. Brüll (séance du 17 mars, page 57).

7° Projets présentés par M. Deroide (séance du 17 mars, page 57).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Yvon Villarceau, membre de la Société, une note sur les *mouvements et oscillations d'une meule de moulin à blé horizontale.*

2° De M. David, membre de la Société, une photographie et un rapport de M. Faye sur l'*affût de l'amiral Labrousse*.

3° De M. Lepainteur, membre de la Société, une collection de projectiles (obus), fabriqués à Paris pendant le siége.

4° De la Commission du Génie civil, deux spécimens d'*obus prussiens : l'un de* 150$^m/_m$ *de diamètre, et l'autre de* 225$^m/_m$, *recueillis au fort de Montrouge*.

5° De M. Le Cyre, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude sur un Télémètre répétiteur à retournement*, et un exemplaire de la traduction de l'*Esquisse historique de la théorie dynamique de la chaleur*, par M. Peter Guthrie Tait.

6° *Annales industrielles*, les numéros du premier trimestre 1871.

7° De la *Société des ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du premier trimestre de 1871.

8° De l'Institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du quatrième trimestre 1870 de son bulletin.

9° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de mars et avril de 1870.

10° De la *Revue horticole*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

11° De la *Gazette du Village*, les numéros du premier trimestre 1870.

12° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 7 et 8 de 1870, de leur *Revue périodique*.

13° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 6 de 1870.

14° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne,* le numéro du troisième trimestre 1870 de son bulletin.

15° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du premier trimestre 1871.

16° De la *Revue d'architecture*, les numéros 3 et 4 de l'année 1870.

17° De la Revue *les Mondes*, les numéros du premier trimestre 1871.

18° Du journal *The Engineer*, les numéros du premier trimestre 1871.

19° De la *Société d'encouragement*, les numéros du premier trimestre 1871 de son bulletin.

20° De la *Société de géographie*, les numéros du premier trimestre 1871 de son bulletin.

21° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, le numéro d'avril 1870 de son bulletin.

22° Du journal *l'Invention*, les numéros du premier trimestre 1871.

23° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

24° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du premier trimestre 1871.

25° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du premier trimestre 1871.

26° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du premier trimestre 1871.

27° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du premier trimestre 1871.

28° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du premier trimestre 1871.

29° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du premier trimestre 1871.

30° Du journal *le Cosmos*, les numéros du premier trimestre 1871.

31° Du *Génie industriel*, les numéros du premier trimestre 1871.

32° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du premier trimestre 1871.

33° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

34° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du premier trimestre 1871.

35° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du premier trimestre 1871.

36° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du premier trimestre 1871.

37° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du premier trimestre 1871.

38° De la *Propagation industrielle*, les numéros du premier trimestre 1871.

39° Du journal *Engineering*, les numéros du premier trimestre 1871.

40° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du premier trimestre 1871.

41° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le premier numéro de son bulletin de 1871.

42° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome VIII de la troisième série de son bulletin.

43° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceddings de 1870.

44° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1870.

45° Du *Comité des forges de France*, les numéros 65 à 66 du bulletin.

46° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro d'août 1870 de son bulletin.

47° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 7 et 8 de 1870 de son bulletin.

48° Des *Annales des mines*, les numéros des 1e, 2e et 3e livraisons de 1871.

49° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du premier trimestre 1871.

50° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du troisième trimestre 1870.

51° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du premier trimestre 1871.

52° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du deuxième trimestre 1869 de son bulletin.

53° *A Magyar Mérnök-Egyesület Közlonye*, les numéros du premier trimestre 1871.

54° De la *Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du premier trimestre 1871.

55° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, les numéros de juillet et d'août 1869 de son bulletin.

56° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 7, 8, 9, 10, 11 et 12 de 1869 de leur bulletin.

57° *Société des Arts d'Edimburgh*, le quatrième numéro de son bulletin.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES

1871

Membres du Bureau.

Président :

M. Yvon Villarceau ✻ ✻ ✠, avenue de l'Observatoire, 18.

Vice-Présidents :

MM. Mayer (Ernest) ✻, rue d'Amsterdam, 41.
Muller (Émile) ✻, rue des Martyrs, 19.
Molinos (Léon), ✻, rue de Châteaudun, 2.
Desgrange, ✻ C. ✠ ✻ ✻, boulevard Haussmann, 135.

Secrétaires :

MM. Morandière (Jules), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.
Marché (Ernest), rue Blanche, 88.
Leygue (Léon), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 8.

Trésorier :

M. Loustau (G.) ✻ ✻ ✠ ✻, rue de Dunkerque, 20.

Membres du Comité.

MM. Vuillemin (Louis), ✻ O. ✻ ✠ ✻, rue Réaumur, 43.
Benoit-Duportail (Armand-Camille), rue de la Condamine, 100, à Batignolles.
Alcan (Michel) ✻, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.
Jordan (Samson) ✻, rue de Bruxelles, 15.
Farcot (Joseph) ✻, au port Saint-Ouen.
Salvetat ✻ ✻, à Sèvres (Manufacture nationale).
De Dion (Henri), O. ✻, rue de Moscou, 28.
Forquenot ✻, boulevard Saint-Michel, 24.
Tronquoy (Camille), à Colombes (Seine).
Brüll, rue de La Rochefoucauld, 58.

MM. CALLON (Ch.), ✠, rue de Birague, 16.
DELANNOY (François-Albert), ✠ ✠, C. ✠, boulevard Saint-Jacques, 71.
CHOBRZYNSKI ✠ ✠, boulevard Magenta, 139.
LAVALLEY, O. ✠, C. ✠, rue Murillo, 18.
LOVE ✠, rue de Châteaudun, 42.
GUILLAUME (Henri), rue du Château-d'Eau, 58.
GUÉBHARD (Alfred) O. ✠ ✠ ✠, rue d'Aumale, 9.
RICHARD (Jean-Louis), ✠, rue Billault, 31.
PÉLIGOT (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
GOSCHLER, boulevard Saint-Michel, 35.

Présidents honoraires.

MM. MORIN (le général), G. C. ✠ ✠ ✠ ✠, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.
FLACHAT (Eugène) O. ✠ C. ✠ ✠, rue Saint-Lazare, 89.
TRESCA (Henri), O. ✠ ✠ ✠ ✠, sous-directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.

Membres honoraires.

MM. BÉLANGER, O. ✠, rue d'Orléans, 15, à Neuilly.
DORIAN, ✠, rue Blanche, 12.
DUMAS, G. C. ✠, rue Saint-Dominique, 69.
LAVALLÉE, O. ✠, rue de Penthièvre, 6.

Membres sociétaires.

MM. ABOILARD (François-Auguste-Théodore), à Corbeil (Seine-et-Oise).
ACHARD, rue de Provence, 60.
AGNÈS (Antony), C. ✠, rue de Maubeuge, 71.
AGUDIO (Thomas) ✠, rue de l'Arsenal, 17, à Turin.
AIVAS (Michel), à Suez (Égypte).
ALBARET ✠, constructeur, à Liancourt (Oise).
ALBARET (Eugène), rue Legendre, 43 (Batignolles).
ALCAN (Michel) ✠, rue du Faubourg-Poissonnière, 98.

MM. Alquié (Auguste-François) ✻, rue de Maubeuge, 81.
Alziari de Malaussène, inspecteur de l'exploitation au chemin de fer du Nord, à Rouen (Seine-Inférieure).
Ameline (Auguste-Eugène), rue Truffaut, 52, à Batignolles.
André (Gaspard-Louis), boulevard du Port-Royal, 83.
André (Charles-Henri), rue du Manége, 10, à Nancy (Meurthe).
Andry ✻, à Boussu, près Mons (Belgique).
Ansart (Ernest), professeur à l'Institut de Santiago (Chili).
Appert (Léon), rue de l'Ourcq, 59, à la Villette.
Arbulu (de) (José Maria), à Vergara (Espagne).
Arcangues (d') (Paul-Eugène) ✻, rue de Dunkerque, 18.
Armand (Eugène), rue de la Varvarka, 11, à Moscou (Russie).
Armengaud aîné ✻, rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud fils, aîné (Charles-Eugène), rue Saint-Sébastien, 45.
Armengaud jeune ✻, boulevard de Strasbourg, 23.
Armengaud jeune (Jules-Alexis), fils, boulevard de Strasbourg, 23.
Arnault (Marc-Emmanuel), à Saintes (Charente-Inférieure).
Arson (Alexandre) ✻, rue Maubeuge, 61.
Artus (Jules), boulevard Beaumarchais, 20.
Asselin (Eugène), rue des Poissonniers, 3 (Saint-Denis).
Audemar (Henri), à Monceaux-les-Mines (Saône-et-Loire).
Badois (Edmond), rue Blanche, 42.
Baillet (Gustave), rue Saint-Ferdinand, 39, aux Ternes.
Balestrini, pavillon de Rohan.
Ball (Charles), Faubourg-Poissonnière, 126.
Banderali, O. ✻, rue de Navarin, 16.
Bandholtz (Frédéric), à Blaye (Gironde).
Bara, rue Magenta, 17, à Pantin.
Barbaroux (Marie-Ferdinand-Auguste), avenue de Madrid, 13, à Neuilly.
Barbe (Paul), faubourg Saint-Jean, 7, à Nancy (Meurthe).
Barberot (Félix) ✻, C. ✻, avenue de Clichy, 19, à Batignolles.
Barnes (Edmond) ✻, à Saint-Michel (Savoie).
Barnoya (Luis), calle Alfaresos, 7, à Valladolid (Espagne).
Barrault (Émile), boulevard Saint-Martin, 17.
Barroux (Léon) ✻, à Charleville (Ardennes).
Barthélemy (Henry), quai Voltaire, 3.
Battaille Straatman (Jean), rue des Croisades, 7, à Bruxelles (Belgique).
Battarel (Pierre-Ernest), rue Cambrai, 3, à la Villette.
Baudet (Louis-Constant-Émile), rue du Rocher, 64.
Baudouin ✻, boulevard Pereire, 227.
Baumal (Henri), à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
Bauquel (François-Auguste), à Cirey (Meurthe).

MM. Beaucerf ✻, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
Beauchamp (Émile-Laurent-Marie) O. ✻, boulevard du Prince-Eugène, 30.
Beaupré (Eugène), à Pont-Rémy (Somme).
Beaussobre (de) (Georges-Emmanuel), à Strasbourg (Bas-Rhin).
Behrens (Ernest-Auguste), avenue de Breteuil, 28.
Bélanger (Charles-Eugène), Fuencarral, 2, à Madrid (Espagne).
Bélin (Pierre-Ernest), boulevard Saint-Michel, 145.
Belleville (Julien-François) ✻, avenue Trudaine, 6.
Bellier (Adolphe) ✻ ✻, rue du Loup, 57, à Bordeaux (Gironde).
Belpaire (Alfred), ingénieur en chef à Bruxelles (Belgique).
Bénédeic (Henri-Étienne), avenue Mac Mahon, 14.
Benoit Duportail (Armand-Camille), rue La Condamine, 100, à Batignolles.
Berger (Jean-Georges), chez M. André, à Thann (Haut-Rhin).
Bergeron, rue du Grand-Chêne, 8, à Lausanne (Suisse).
Bernard, ingénieur de la voie du chemin de fer du Nord, à Namur (Belgique).
Bertheault (William), directeur des forges de Montataire (Oise).
Berthot (Pierre), à la papeterie du Pont de Seychal, à Thiers (Puy-de-Dôme).
Berton (Albert), boulevard Saint-Jean, à Évreux (Eure).
Berton (Théodore), rue Mademoiselle, 16, à Versailles (Seine-et-Oise).
Bertrand (Alfred-Pierre-Joseph), à Cambrai (Nord).
Bertrand (Charles-Pierre), boulevard Beaumarchais, 69.
Bertrand (Gustave), rue Bonaparte, 82.
Béthouart (Alfred-Auguste), à Chartres (Eure-et-Loire).
Beugniot ✻ ✻, maison Kœchlin, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Bévan de Massy (Henri), C. ✻ C. ✻, rue Lavoisier, 5.
Bianchi ✻ ✻, rue de Rennes, 154.
Billieux (Jean-Achille), à Valence (Espagne).
Binder (Charles-Jules), boulevard Haussmann, 170.
Bippert, rue des Petites-Écuries, 42.
Birlé (Albert), rue de Verneuil, 44.
Biver (Hector) ✻, rue du Cherche-Midi, 21.
Bixio (Maurice), rue de Rennes, 93.
Blaise (Jean-Louis-Émile), rue Blanche, 8.
Blake (David), à Dieppe (Seine-Inférieure).
Blanche (Auguste), quai Impérial, 3, à Puteaux.
Blanco (Juan-Maria), Plaza de San-Francisco, 3, à Sanlucar de Banameda (Espagne).
Blanleuil, entrepreneur à Angoulême (Charente).
Blard (Alexandre-Louis), rue de Rivoli, 226.

MM. Bleynie (Martin), rue de Lyon, 20.
Blonay (de) (Henri), administrateur et gérant des ateliers de construction à Reichshoffen (Bas-Rhin).
Blondeau (Paul-François), rue de Maubeuge, 88.
Blot (Léon), rue d'Amsterdam, 54.
Blutel, à Troyes (Aube).
Bobin (Hippolyte), rue Blanche, 97.
Boire (Émile), quai de la Haute-Deule, 25 et 27, à Lille (Nord).
Boistel (Louis-Charles-Georges), rue du Cardinal-Fesch, 11.
Boivin (Émile), rue de Flandre, 145, à la Villette.
Bonnaterre (Joseph), rue Gaillon, 11.
Bonnet (Victor), rue Blanche, 27.
Bonnet (Désiré), à Toulouse (Haute-Garonne).
Bonnet (Auguste-Félix), rue Servandoni, 23.
Bontemps (Georges), boulevard Denain, 7.
Borgella (Édouard), route nationale, 44, à Montretout, près Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
Bossi (de) (Édouard), à Riom (Puy-de-Dôme).
Boubée (François-Charles-Paul), Strada-S.-Chiara, 2, à Naples (Italie).
Boucard (Alexandre-André), rue de la Paix, 3.
Bouchotte (Émile-Simon), à Metz (Moselle).
Boudard (Casimir), rue Bellefond, 37.
Boudard (Félix-Arthur), rue de la Vallée, 35, à Amiens (Somme).
Boudent (Ernest-Gabriel), rue Saint-Sauveur, 18.
Bougère (Laurent), à Angers (Maine-et-Loire).
Bouilhet (Henri-Charles) ✻, rue de Bondy, 56.
Bouissou (Amable-Louis), rue Montrosier, 18, à Neuilly.
Boulet (Jean-Baptiste), faubourg Poissonnière, 144.
Boulogne (Jules-Ernest), quai de Seine, à Saint-Denis.
Bouquet (Ferdinand), rue Dieudé, 35, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Bourcard (Henri), à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon (Eugène) ✻, rue du Faubourg-du-Temple, 74.
Bourgeat (Alphonse), à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
Bourgougnon (Étienne), rue de la Victoire, 43.
Bourgougnon (René), rue Lemercier, 44 (Batignolles).
Bourset, rue Saint-Genès, 208, à Bordeaux (Gironde).
Boutmy, rue Rambouillet, 2.
Bracquemont (de) (Adrien), à Raismes (Nord).
Branville (de) (Paul), boulevard du Prince-Eugène, 58.
Brauer (François-Charles), à Graffenstaden (Bas-Rhin).
Brault (Alexandre) ✻, à Chartres (Eure-et-Loir).
Bréguet ✻, quai de l'Horloge, 39.

MM. Brialmont, aux établissements de M. John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Bricogne (Charles) ✠, rue du Faubourg-Poissonnière, 50.
Bridel (Gustave), directeur de la correction des eaux, à Bienne (Suisse).
Brissaud ✠, rue de Rennes, 147.
Brocchi (Astère), rue de Charonne, passage l'Homme, 26.
Brodard (Marie-Anatole-Octave), rue du Bac, 94.
Bronne (Joseph), rue Joubert, 29.
Bronne (Louis), rue Grétry, 28, à Liége (Belgique).
Brouilhet (Émile), directeur de la compagnie Chaufournière de l'Ouest à Saint-Lô (Manche).
Bruère, à Signy-le-Petit (Ardennes).
Bruignac (Duroy de) (Albert), rue Joubert, 30.
Brüll, rue de La Rochefoucauld, 58.
Brunier ✠, à Lunay (Loir-et-Cher).
Brunt (John), rue Petrelle, 15.
Brustlein (H.-Aimé), à Unieux (Loire).
Buddicom ✠, Penbedw-Mold flintshire (Angleterre).
Bullot (Edmond), rue de la Gare, 12, à Saint-Denis.
Bulot (Hippolyte), rue Demidoff, 40, au Havre (Seine-Inférieure).
Bunel (Henri), rue du Conservatoire, 13.
Bureau, rue Truffaut, 24.
Burel (Eugène), rue Baudin, 22.
Busschop (Émile), à Villeneuve-Saint-Georges (Seine-et-Oise).
Bussière (de), aux aciéries Barroin et Cie, à Saint-Étienne (Loire).
Cabanes (Félix), rue Leconte, 1.
Cabany (Armand), à Gand (Belgique).
Cachelièvre (Charles-Paul-Émile), à Badajoz (Espagne).
Cadiat (Ernest), rue Bonaparte, 30.
Cail (Émile), avenue de l'Empereur, 121.
Caillaux (Alfred-Adrien-Hippolyte), rue Saint-Jacques, 240.
Caillé (Jules-Charles), rue Guy-de-la-Brosse, 11.
Caillet ✠, avenue d'Antin, 7.
Caillot-Pinart, ✠, rue du Faubourg-Saint-Martin, 140.
Caisso (Marin), aux ateliers du chemin de fer de l'Ouest, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
Calabre (Sébastien), rue Affre, 2, à la Chapelle.
Calla ✠, rue des Marronniers, 8, à Passy.
Calleja (Joseph-Antoine), à Ciudad-Réal, province de Badajoz (Espagne).
Callon (Charles) ✠, rue de Birague, 16.
Calrow, rue Saint-Maur, 108.
Capdevielle, rue de la Gare, 2, à Saint-Denis.

MM. CAPUCCIO (Gaetano), à Turin (Piémont).
CARCUAC (Armand-Jean-Antoine), rue Neuve-des-Martyrs, 14.
CARÉNOU (Édouard), rue des Beaux-Arts, 5.
CARIMANTRAND (Jules), rue Mosnier, 15.
CARPENTIER (Léon), rue de Fleurus, 37.
CARPI (Léonard-Emmanuel), via Goito, 10, à Gênes (Italie).
CARTIER (Émile), à Nassandres (Eure).
CASTEL (Émile) ✻ O ✠, rue de Dunkerque, 20.
CASTOR ✻, à Mantes (Seine-et-Oise).
CAUVET (Alcide) ✻, rue Neuve-des-Mathurins, 73.
CAVÉ (François) ✻, rue Chabrol, 69.
CAZALIS DE FONDOUCE (Paul), à Montpellier (Hérault).
CAZES (Edwards-Adrien), à la sucrerie de Tavaux-Pontséricourt (Aisne).
CERNUSCHI, boulevard Malesherbes, 10.
CHABRIER (Ernest) ✻, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).
CHALAIN (Prosper-Édouard), chef du bureau de la voie, à Luxembourg (Grand-Duché).
CHALIGNY (Gabriel-Joseph), rue Philippe-de-Girard, 51.
CHAMPIONNIÈRE, à Montlignon, près Montmorency (Seine-et-Oise).
CHAMPOUILLON ✻, rue de la Chaussée-d'Antin, 66.
CHANCEREL (Charles-Antoine), rue de Maubeuge, 44.
CHAPER ✻, rue de Provence, 46.
CHAPMAN (Henri), boulevard Malesherbes, 41.
CHARBONNIER (Amédée-Pierre), au Creusot (Saône-et-Loire).
CHARDON (Eugène-Frédéric), rue des Petits-Hôtels, 34.
CHARLIER (Timothée), à Caen (Calvados).
CHARPENTIER (Joseph-Ferdinand), rue de Turenne, 80.
CHARPENTIER (Paul-Ferdinand), rue Vintimille, 17.
CHARTON (Jules-Jean), rue Saint-Martin, 31, à Versailles (Seine-et-Oise).
CHAUVEAU DES ROCHES (Arthur) ✻, à Masseuil-Quinçay, à Vouille (Vienne).
CHAUVEL (Émile), à Navarre, par Évreux (Eure).
CHAVÈS (Léopold), inspecteur du service des eaux au chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 18.
CHÉRON (Charles-Louis), régisseur de l'usine à gaz de Boulogne-sur-Seine, route de Versailles, 196 (Seine).
CHEVANDIER DE VALDROME (Eug.-Jean) ✻, rue de l'Arcade, 19.
CHODRZYNSKI (Jean-Pierre-Charles) ✻ ✻, boulevard Magenta, 139
CHOLET (Lucien-Alfred), rue Saint-Gilles, 14.
CHOLLET (Louis), à Belfort (Haut-Rhin).
CHOPIN (Nicolas-Philippe), avenue de Paris, 133, à Bordeaux (Gironde).

MM. Chrétien (Alfred), rue Perdonnet, 3.
Chuwab (Charles), rue Fondary, 27 (Grenelle).
Cialdi (Alexandre) ✻ ✻, Via dell' Anima, 45, à Rome (Italie).
Ckiandi (Alexandre-Henri), rue des Templiers, 25, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Clair (Alexandre), rue Duroc, 5.
Claparède (Frédéric-Moyse) ✻, à Saint-Denis (Seine).
Clémandot (Louis) ✻, 18, rue Brechant (Batignolles).
Clément-Desormes, quai Castellane, 20, à Lyon (Rhône).
Clervaux (de) (Paul), boulevard Saint-Aignan, 2, à Nantes (Loire-Inférieure).
Closson (Prosper), Cité d'Antin, 3.
Coignet (François), rue Miroménil, 98.
Colladon, à Genève (Suisse).
Collet (Charles-Henri), rue Duras, 7.
Comte (Charles-Adolphe), à Navarreins, arrond. d'Orthez (Basses-Pyrénées).
Conchon (Eugène-Gabriel), rue Nollet, 28.
Consolat, boulevard Malesherbes, 68.
Contamin (Victor), boulevard Magenta, 2.
Coquerel (Paul), boulevard des Batignolles, 22.
Cordier-Bey (Jean-Antoine), C. ✻ O. ✻, rue Cardinal-Fesch, 47.
Cornaille (Alfred), à Cambrai (Nord).
Corpet (Lucien), rue Keller, 4.
Cosyns, à Couillet, par Charleroi (Belgique).
Cottard (Charles), rue de la Chaussée-d'Antin, 66.
Cottrau (Alfred-Henri-Joseph), ✻ ✻, directeur de l'entreprise industrielle italienne de construction métallique, 228, via Toledo, à Naples (Italie).
Couard (Joseph-Félix), rue de Lyon, 20.
Coupan (René), boulevard Magenta, 147.
Cournerie (Amédée-Barthélemy), ✻, à Cherbourg (Manche).
Cournerie (Jean-Baptiste-Eugène-Georges), rue de l'ancien Hôtel-Dieu, 27, à Cherbourg (Manche).
Courras (Philippe), boulevard des Batignolles, 58.
Courtépée (Laurent), rue des Francs-Bourgeois, 31.
Courtin (Amédée-Augustin), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à la Chapelle.
Courtines (Jacques) ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
Couture (Jules), rue de la Darse, 9, à Marseille (B.-du-R.).
Cranney (Henri), rue d'Hauteville, 64.
Crépin (Christian), à la sucrerie de Soulty, par Arbret (Pas-de-Calais).
Crespin (Auguste), boulevard de Clichy, 14.

MM. Crespin (Arthur-Auguste), avenue Parmentier, 7.
Crétin ✻, rue de Berri, 47.
Crocé-Spinelli (Joseph-Eustache), rue de Parme, 6,
Cuinat (Charles), rue Bellefond, 4.
Curchod (Charles-Louis), rue Laffitte, 8.
Daburon (Henri-Charles), rue du Théâtre, 34, à Grenelle.
Dagail (Louis), à Angoulême (Charente).
Daguerre d'Ospital (Léon), calle de Prado, 20, à Madrid (Espagne).
Daguin (Ernest) ✻, rue Geoffroy-Marie, 5.
Dailly (Gaspard-Adolphe) O. ✻, rue Pigalle, 69.
Dallot (Auguste), ✻, rue Béranger, 17.
Dambricourt (Auguste), à Vezernes, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Damoizeau (Victor-Jules), boulevard de la Contrescarpe, 36.
Danjou (Lazare), boulevard de Clichy, 136.
Darblay (Paul), à Corbeil (Seine-et-Oise).
Daret-Derville, chef du bureau des études du matériel du chemin de fer de Séville à Cadix, rue Dejean, 7 bis.
Daveluy (Marie-Alfred-Alphonse), rue Saint-Antoine, 207,
David (Augustin), boulevard Magenta, 14.
Debarle (Louis), rue de l'Ourq, 33, à la Villette.
Decaux (Charles-Auguste) ✻, rue Notre-Dame-des-Champs, 107.
De Coene (Jules), rue Verte, 2, à Rouen (Seine-Inférieure).
Decomberousse (Charles), rue Blanche, 63.
De Dion (Henri), O. ✻, rue de Moscou, 28.
Deffosse (Étienne-Alphonse), au chemin de fer de Lyon à la Méditerranée, au Puy (Haute-Loire).
Degousée (Edmond), ✻, rue Chabrol, 35.
D'Eichthal (Georges), rue Neuve-des-Mathurins, 100.
Delannay, O. ✻, agent-voyer en chef, au Mans (Sarthe).
Delannoy (François-Albert), ✻ C. ✻ ✠, boulevard Saint-Jacques, 71.
Delaporte (Félix-Pierre-Théodore), ✻, rue Saint-Laurent, 6.
Delaporte (Georges) ✻, quai Jemmapes, 2.
Delaporte (Louis-Achille), rue de Turenne, 43.
Delattre, boulevard du Prince-Eugène, 63.
Delaunay (Jules-Henri) ✻ ✠, à Saint-Junien (Haute-Vienne).
Delaunay (Louis-Marie-Gabriel), rue du Port, 9, à Saint-Denis (Seine).
Delebecque, rue de Douai, 6.
Deligny (Ernest) O. ✻, rue Jean-Goujon, 16.
Delom (Florentin), rue Ramey. 49.
Delpech (Ferdinand), avenue de Clichy, 19.
Delsa (Hubert), place Verte, 22, à Liége (Belgique).

MM. DEMANEST (Edmond), rue de Berlin, 27.
DEMEULE (Gustave), rue de Paris-et-Henry, à Elbeuf (Seine-Inférieure).
DEMIMUID (Réné), rue de Rennes, 65.
DENIEL ✻, à Troyes (Aube).
DENIS (Gustave), à Fontaine-Daniel, près Mayenne.
DENISE (Lucien), passage Violet, 12.
DEPÉRAIS (Ch.), Viro St-Peresella de Spagnoli, 33, à Naples (Italie).
DEPREZ (Marcel), rue Cassini, 16.
DERENNES (Jean-Baptiste-Ernest), avenue Parmentier, 10.
DEROIDE (Auguste), cité Rougemont, 3.
DESBRIÈRE ✻ C. ✻ ✻, rue de Provence, 56.
DESFORGES (Louis-Alphonse), au chemin de fer de l'Est, à Troyes (Aube).
DESGOFFE (Auguste-Jules), boulevard de Vaugirard, 6.
DESGRANGE, ✻ C. ✻ ✻ ✠, boulevard Haussmann, 135.
DESMASURES (Camille) O. ✻, boulevard Haussmann, 64.
DESMOUSSEAUX DE GIVRÉ (Émilien), rue de Lille, 79.
DESNOS (Charles), boulevard Saint-Martin, 13.
DESPRÉS (Alphonse-Vict.-Guillaume), rue Boursault, 3.
DESPRÉS (Gustave) ✻ ✻, boulevard Haussmann, 118.
DESPRET (Édouard), rue de Trèves, 35, à Bruxelles (Belgique).
DEVAUREIX (Jules), rue de la Cerisaie, 13.
DEVILLE (Anatole), rue de Lyon, 39.
DEVILLE (Jean-Félix-Bernardin), rue de Naples, 4.
DEZ (Jules), Via Pellegrini, 627, allargo Latillo, à Naples (Italie).
DÉZELU (Jacques-Isidore), rue Saussure, 116, aux Batignolles.
D'HAMELINCOURT (Éloi-Joseph), rue Saleneuve, 29 (Batignolles).
DIARD (Henri-Pierre-Alfred), à Amboise (Indre-et-Loire).
DIDIERJEAN (Eugène) ✻, à Saint-Louis (Moselle).
DIETZ (David), rue Pajol, 22.
DIEUDONNÉ (Camille-Henri-Marie) ✻ ✻, faubourg Poissonnière, 136.
DOLABARATZ (Louis-Alfred), boulevard Magenta, 135.
DOMBROWSKI (Thomas-Adolphe), à Pont-à-Mousson (Meurthe).
DONNAY (Charles), rue des Trois-Couronnes, 48.
DORRÉ, à la gare du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.
DOULIOT (Paul-Charles), rue des Usines, 2, à Grenelle.
DOURY (Paul), rue de Compiègne, 2.
DRU (Saint-Just) (Antoine), rue Rochechouart, 69.
DRU (Léon-Victor-Edmond), rue Rochechouart, 69.
DUBIED (Henri-Édouard), à Couvet, par Pontarlier (Suisse).
DUBOIS (Eugène-Auguste), rue de l'Annonciade, 30, à Lyon (Rhône).

MM. Dubuc (Michel-Maximilien), rue de Turbigo, 62.
Dufournel (Alphonse-Théodore), à Gray (Haute-Saône).
Dufrené (Hector-Auguste), rue de la Fidélité, 10.
Dugourd, à Moulins (Allier).
Dujour (Nicolas-Alexis), rue Truffaut, 64 (Batignolles).
Duméry, boulevard des Batignolles, 24.
Dumont (Henri), à Jaguara, province de Minas Péraes (Brésil).
Du Pan (Louis), à Soissons (Aisne).
Duparc (Georges), rue Chabrol, 14.
Dupont (Charles), boulevard Saint-Michel, 106.
Dupuy (Léopold-Philibert), rue de Flandre, 108, à la Villette.
Durenne ✻, à Courbevoie.
Durenne (Antoine) ✻, rue de la Verrerie, 30.
Durocher (Constant), à Coulommiers (Seine-et-Marne).
Durval (Maurice-Charles), à Monte-Rotondo, près Massa Maritima (Italie).
Duval (Edmond) ✻, aux forges de Paimpont, près Plélan (Ille-et-Vilaine).
Duval (Raoul), rue François Ier, 45.
Eiffel (Gustave), rue Fouquet, 48, à Levallois (Seine).
Elmering (Adolphe), rue de la Ferme, à Rouen (Seine-Inférieure).
Elwell père, à Rosny-sur-Seine (Seine-et-Oise).
Elwell (Thomas), avenue Trudaine, 16.
Engelmann, en Russie.
Epstein (Jules-Eugène), avenue Montaigne, 51.
Erckmann (Ferdinand), Dragomiresci, près Tergoiste (Valachie).
Ermel (Frédéric) ✻, cité des Fleurs, 54, à Batignolles.
Escande (Antoine-Marie), rue de Vaugirard, 177.
Étienne (Antoine), calle de las Palmas, 77, à Séville (Espagne).
Euverte (Jules), à Terre-Noire (Loire).
Évrard (Alfred), Place Pereire, 5.
Évrard (Augustin), rue Saint-Samson, 28, à Douai (Nord).
Fabre (Émile-Jean-Jacques-Ernest), chef de l'exploitation du chemin de fer de l'Eure, à Gisors (Eure).
Falguerolles (Eugène), boulevard Voltaire, 97.
Faliès (Jacques-Alfred) ✻, rue aux Lièvres, au Mans (Sarthe).
Farcot (Joseph) ✻, au Port Saint-Ouen (Banlieue).
Farcot père ✻, au port Saint-Ouen (banlieue).
Farcot (Emmanuel), rue Soyer, 7, parc de Neuilly (Seine).
Farcot (Abel), au port Saint-Ouen (banlieue).
Faure-Beaulieu, filateur de laine à Gravelle Saint-Maurice (Seine).
Fayol (Henri), à Commentry (Allier).
Febvre (Armand), rue de Ponthieu, 23.
Fell (John-Barraclough), rue de Rivoli, hôtel Meurice.

MM. Fellot (Jean), rue de Constantinople, 20.
Fernex (de), rue Perdonnet, 9.
Fernique (Albert), rue Barbet, 5.
Férot ✻, rue d'Aumale, 14.
Fèvre (Léon-Jean-Baptiste), rue de la Tour, 117, à Passy.
Fèvre (Henri), boulevard Malesherbes, 72.
Fiévet (Ernest-Émile), rue de Sèvres, 155.
Flachat (E) O. ✻ C. ✻ ✻, rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).
Flachat (Adolphe), rue Saint-Lazare, 62.
Flachat (Jules), ✻, quai Maubec, 9, à La Rochelle (Charente-Inférieure).
Flachat (Yvan), rue de Grenelle Saint-Germain, 102.
Flaman (Nicolas-Charles-Eugène), rue Perdonnet, 2.
Flaud ✻, avenue de Suffren, 40.
Flavien (Émile-Georges), ✻, rue du Bouloi, 26.
Fleury (Henri-Élie-Jules), ✻, rue de l'Arsenal, 50, à Rochefort (Charente-Inférieure).
Foex (Etienne-Jean-Antoine), chemin des Chartreux, 77, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Fonbonne (de) (Charles-Alexandre), rue de Maubeuge, 81.
Fontenay (de) (Anselme), rue Cardinal-Lemoine, 14.
Fontenay (Tony), rue des Récollets, 1, à Grenoble (Isère).
Fontenay (de) (Eugène) ✻, à Baccarat (Meurthe).
Forey (Miltiade) ✻, à Montluçon (Allier).
Forquenot (Victor) ✻, boulevard Saint-Michel, 24.
Fortet (Charles-Élie-Dioclès), boulevard Magenta, 35.
Fortin-Herrmann (Louis), boulevard Montparnasse, 138.
Fortin-Herrmann (Émile), rue de Rennes, 89.
Foulon y Tudo (Joseph-John), Plaza del Duque de Medinaceli, 5, à Barcelone (Espagne).
Fouquet (Louis-Ernest), chez M. Gouin, avenue de Clichy.
Fournier (Victor) ✻, boulevard de l'Empereur, 178.
Fournier, rue de la Ville-l'Évêque, 40.
Fournier (A.), boulevard du Chemin de fer, 36, à Orléans (Loiret).
Fraix (Félix), rue de Châteaudun, 42.
Fresnaye (Adrien-Aimé), à Marenla, par Montreuil-sur-Mer (Pas-de-Calais).
Frichot, à Pont-Rémy (Somme).
Fromantin (Jean-Baptiste), rue Bonaparte, 24.
Fromont, au chemin de fer de l'Est, à Vesoul (Haute-Saône).
Froyer, Grande-Rue, 21, à Nimes (Gard).
Fuchet (Pierre-Paul), carrefour de l'Observatoire, 2.
Gaget, 23, rue Guttemberg (Boulogne-sur-Seine).

MM. Gaildry (Cyprien), chaussée du Maine, 4.
Gallais (Adolphe-Pierre), rue Bichat, 3.
Gallaud (Charles), rue Neuve-Fontaine, 6.
Gallois (Charles), à Francières par Pont-Saint-Maxence (Oise).
Gambaro, inspecteur principal du matériel au chemin de fer de l'Est, boulevard Denain, 7.
Gandillot (Jules), à Salins (Jura).
Ganneron (Edmond) O. ✻, avenue de la Grande-Armée, 83.
Garcia (Manuel-Charles-Auguste), à Saintes (Charente-Inférieure).
Garnier (Jules-Jacques) ✻, boulevard Magenta, 35.
Gast (Édouard-Victor), à Issenheim (Haut-Rhin).
Gaudet O. ✻, à Rive-de-Gier (Loire).
Gaudineau (Louis), rue Martel, 17.
Gaudry (Jules), boulevard Magenta, 137.
Gaultier (Georges-Léon-Louis), rue d'Amsterdam, 55.
Gaune (André-Joseph-Emile), à Saint-Louis-de-Morangan (Brésil).
Gaupillat (Ernest) ✻, au Bas-Meudon (Seine-et-Oise).
Gauthey (Émile-Mac-Marius), rue Charlot, 48.
Gauthier (Paul-Émile), rue du Temple, 20.
Gaveau (Alfred-Frédéric), Marché aux Bestiaux, 9, à Saint-Omer (Pas-de-Calais).
Gayrard (Gustave) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 222.
Geay (Charles-Louis), à Cognac (Charente).
Génissieu, rue Chauchat, 13.
Gentilhomme ✻, quai de la Tournelle, 45.
Geoffroy (Octave), aux ateliers du chemin de fer du Nord, à Charleroi (Belgique).
Gerber (Eugène), Neumann Gasse, 7, à Vienne (Autriche).
Gerhardt (Charles-James), faubourg Saint-Denis, 157.
Germon (Alexis) C. ✻, ingénieur du matériel et de la traction au chemin de fer du Nord de l'Espagne, à Valladolid (Espagne).
Geyler (Alfred-Édouard), rue de Douai, 35.
Gibon (Alexandre-Louis) ✻, à Commentry (Allier).
Giffard ✻, rue Marignan, 14.
Gignoux (Arthur-Joseph), rue des Dames, 9.
Gigot (Paul-Eugène), rue du Faubourg-Poissonnière, 123.
Gil (Claudio), boulevard des Capucines, 6.
Girard (Adam-Charles), rue Monge, 2.
Gislain, rue de Rome, 62.
Glaser (Frédéric-Charles), rue de Rendez-Vous, 2.
Godfernaux, 176, avenue de Clichy (Batignolles).
Goldenberg (Paul-Frédéric-Alfred), à Zornhoff, près Saverne (Bas-Rhin).

MM. GOLDSCHMIDT (Philippe), quai Jemmapes, 310.
GOLDSCHMIDT (de) (Théodore), Elisabeth strasse, 3, à Vienne (Autriche).
GOSCHLER (Charles), boulevard Saint-Michel, 35.
GOTTEREAU (Jean-Marie), ingénieur des mines, 53, Carrera de San-Geronimo, à Madrid (Espagne).
GOTTSCHALK, ingénieur en chef, directeur du matériel et de la traction aux chemins de fer du Sud de l'Autriche, Maximilien strasse, 5, à Vienne (Autriche).
GOUILLY (Henri-Louis-Auguste), place de Chartres, 2, à Alger.
GOUIN (Ernest) O. ✱, rue de Cambacérès, 4.
GOUMET, rue du Temple, 118.
GOUPILLON (Arthur-Jules-Désiré), rue Nollet, 81, à Batignolles.
GOUVY (Alexandre), aux forges de Hombourg, près Saint-Avold (Moselle).
GOUVY (Émile), à Goffontaine (Prusse Rhénane).
GRALL (Isidore), à Saint-Nazaire-sur-Loire (Loire-Inférieure).
GRAND (Albert), rue des Petits-Hôtels, 34.
GRAND fils (Jullien), à Oullins, près Lyon (Rhône).
GRÉGGORY (Georges-Aristide), avenue de Paris, 133, à Bordeaux (Bastide) (Gironde).
GRENIER (Achille) ✱, C. ✱ ✱, Forest-City-Mecker Co Minnesota US d'Amérique (États-Unis).
GRESSIER (Louis-Edmond), boulevard Magenta, 136.
GRIÈGES (de) (Louis-Maurice), sous-ingénieur de la traction des chemins de fer de l'Ouest, rue de Clichy, 11.
GROUVELLE (Philippe-Jules), rue des Écoles, 26.
GUÉBHARD (Alfred) O. ✱ ✠ ✱, rue d'Aumale, 9.
GUÉBIN (Jules), rue, Saint-Sabin, 16.
GUÉNIVET (Ernest), chef de la verrerie de la Croix-Blanche, à Vierzon (Cher).
GUÉRARD (Paul), au chemin de fer du Nord, à Amiens (Somme).
GUERBIGNY (Germeuil-Gaston), à Villiers-le-Bel (Seine-et-Oise).
GUÉRIN DE LITTEAU (Edgar) O. ✱ ✱, rue Blanche, 3.
GUEROULT (Paul), rue d'Amsterdam, 59.
GUETTIER, rue Oberkampf, 74.
GUIBAL (Théophile) ✱, à l'École des Mines de Mons (Belgique).
GUILLAUME (Charles) ✱, 22, Grande-Allée, à Toulouse (Haute-Garonne).
GUILLAUME (Henri), rue du Château-d'Eau, 58.
GUILLEMIN (Étienne), à la Perraudette, près Lausanne (Suisse).
GUILLON (Nicolas) ✱, à Amiens (Somme).
GUILLOT (Gustave) ✱, rue des Acacias, 12, aux Ternes.
GUISAND (Girardot-René), à Lausanne (Suisse).

MM. GUITER (André-Jacques-Joseph), à Ismailia (Isthme de Suez).
GUNTZ (Charles), à Haguenau (Bas-Rhin).
HAASS (Henri) C. ✱ O. ✱ O. ✱ ✠ ✱, rue de Provence, 65.
HALLIÉ (François-Ernest), à Fermo (Italie).
HALLOPEAU (Paul-François-Alf.), rue Saint-Lazare, 88.
HAMERS, boulevard Lefèvre, 30 (15e arrondissement).
HAMOIR ✱, à Maubeuge (Nord).
HANGARD (Louis-Émile) ✱, rue de Rennes, 100.
HARMAND (Eugène-Auguste), à Épernay (Marne).
HAUGHTON (Benjamin), 1, Westminster Chambers, Victoria street, London, S. W. (Angleterre).
HAROUARD (Charles-Narcisse-Auguste), à l'agence de la Compagnie transatlantique, à Fort-de-France (Martinique).
HENDERSON (David-Marz), ingénieur en chef des douanes impériales chinoises, à Shang-Haï (Chine).
HENRI-LEPAUTE, fils (Édouard-Léon), rue de Rivoli, 146.
HENRIET (Louis-Jean), rue Saint-Georges, 38, à Batignolles.
HERMARY (Hippolyte-Albert-Jos.), à Moulle, par Saint-Omer (Pas-de-Calais).
HERPIN (Louis), boulevard Beaumarchais, 79.
HERVEY-PICARD (Paul-Philippe), rue de Rome, 74.
HERVIER (Alfred-Charles), rue de la Fidélité, 10.
HEURTEBISE (Paul), chez M. Doré, maître de forges, rue Chappe, 4, au Mans (Sarthe).
HINSTIN (Napoléon), rue Caumartin, 20.
HITTORF (Henri-Bonaventure), rue Maubeuge, 82.
HOMBURGER (David), quai Jemmapes, 310.
HONORÉ (Frédéric), Établissements de la Risle, à Pont-Audemer (Eure).
HOUEL ✱, avenue des Champs-Élysées, 75.
HOULBRAT (Abel), rue de Rome, 63.
HOURIER (Évariste), rue des Acacias, 20, aux Ternes.
HOVINE (Alfred), rue de Lyon, 61.
HUBER (William) ✱, rue Miroménil, 76.
HUET (Alfred), rue de Douai, 35.
HUGUENIN (Jules), chez M. Delattre, à Roubaix (Nord).
HUGUET (Auguste-Adrien), à Barbezieux (Charente).
HURCOURT (D'), rue des Tournelles, 26.
IMBER (Alexandre-François), avenue des Ternes, 91.
IMBS (Alexis-Joseph-Albert), rue avenue d'Eylau, 18.
JACQUES (Jean-Nicolas), boulevard Beaumarchais, 72.
JAMIN (Jules-Édouard), à Eurville, près Saint-Dizier (Haute-Marne).
JALIBERT (Louis-Ferdinand), à Gaillac (Tarn).
JARRY, au Gué de Velluire, par Vix (Vendée).

MM. Javal (Ernest), boulevard de Reuilly, 82.
Jeanson (Charles-Marie-Auguste), rue Monge, 17.
Jequier (Henri-Jean), rue du Val-de-Grâce, 9.
Joannis (de) (Léon), à Monterhausen (Moselle).
Jolly (César) ✻, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
Joly (de) (Théodore), rue de Grenelle-Saint-Germain, 121 *bis*.
Jones (Hodgson), rue Lafayette, 31.
Jonte (Émile-Frédéric), boulevard de Grenelle, 219 ter.
Jordan (Samson) ✻, rue de Bruxelles, 15.
Jouanne (Gustave), rue du Château-d'Eau, 52.
Jouannin (Achille), villa Montmorency, à Auteuil.
Jousselin (Paul) ✻, quai Lepelletier, 8.
Joyant (Charles-Paul-Abel) ✻ O. ✻, boulevard Magenta, 5.
Juanmartinena (de) (José), à Renteria, province de Guipuzcoa (Espagne).
Jubecourt (de) (Barthélemy), à Vaudrevanges, près Sarrelouis (Prusse Rhénane).
Jullin (Aimé), avenue de la Nation, 60.
Juncker (Paul), rue de Maubeuge, 17.
Jury (Joseph), 123, avenue de Paris, à Bordeaux (Gironde).
Koch (Louis-Jean-Baptiste-Adolphe), directeur des lignes télégraphiques, à Saint-Denis, Ile de la Réunion.
Komarnicki (Sigismond), rue Blanche, 82.
Kreglinger, rue Stassart, 141, à Ixelles-lez-Bruxelles (Belgique).
Krémer (Philippe), rue Louis-le-Grand, 8.
Krupp (Alfred) O. ✻ C. ✻ ✻ ✻ ✠ ✻, à Essen (Prusse).
Laborie (de) (Alexandre) ✻ ✠, boulevard de Sébastopol, 27.
Laboulaye ✻, rue de Madame, 40.
Labouverie (Prosper), à Bouillon, province de Luxembourg (Belgique).
Lacombe ✻, rue Condorcet, 60.
Lacretelle (Claude-Étienne), au château de Grammont, par Vivieu-le-Grand (Ain).
Lafon (Adrien), à Mazamet (Tarn).
Lahure (Paul-Camille), hauts-fourneaux de Monceau-sur-Sambre, à Marchiennes-au-Pont (Belgique).
Lainé, rue du Faubourg-du-Temple, 59.
Laligant (Paul), à Maresquel, par Campagne-les-Hesdin (Pas-de-Calais).
Lalo, rue Saint-André-des-Arts, 45.
Lambert (Ernest), à Vuillafand, par Ornans (Doubs).
Laming (Joseph-Mowbray), rue de l'Odéon, 20.
Lancel (Augustin-Jules), ingénieur de la voie, à Tergnier (Aisne).
Landsée (de) (Adolphe), rue de Ponthieu, 61.

MM. LANGLOIS (Auguste), rue de Clichy, 23.
LANGLOIS (Charles), rue de Châteaudun, 10 *bis*.
LANGLOIS (Ernest-Hippolyte), à Fermo (Italie).
LANTRAC (Eug.-Adolphe), rue Champagny, 5.
LAROCHETTE (de) (Jérôme) ✻, Cours Napoléon, 11, à Lyon (Rhône).
LARRUE (Louis), rue Godot de Moroy, 8.
LARTIGUE (Henri), Grande-Rue, 66, à Passy.
LA SALLE (Auguste), à Kriens, près Lucerne (Suisse).
LASSERON (Charles), rue d'Antin, 3.
LASSON (Alphonse), Faubourg-Saint-Martin, 12.
LASVIGNES (Louis), à Aix-en-Provence.
LAURENS (Camille) ✻, rue Taitbout, 82.
LAURENT (Lambert), gare de Ségur, à Bordeaux (Gironde).
LAURENT (Pol-Charles), rue des Bouchers, 11, à Passy.
LAVALLEY, O. ✻ C. ✠, rue Murillo, 18.
LAVEISSIÈRE (Émile-Jean), rue de la Verrerie, 58.
LEBARGY, ingénieur de la voie, à Amiens (Somme).
LEBLOND (Paul-Henri), rue Abbatucci, 47.
LEBON (Eugène) ✻ C. ✻, rue Drouot, 11.
LE BRUN (Louis-Gabriel), rue de Belzunce, 10.
LE BRUN (Raymond-Louis) ✻, 8, Prado Ciudad-Réal (Espagne).
LECHERF, 88, rue Corneille, à Levallois-Perret.
LÉCLANCHÉ (Georges), rue Condorcet, 74.
LE CLER (Achille) ✻, rue de l'Abbaye, 12.
LECLERC (Émile) ✻, rue Lemercier, 32 (Batignolles).
LECŒUVRE (Paul) ✻ ✻, rue Turenne, 111.
LECOQ (Jean-Félix-Édouard), Faubourg Saint-Martin, 66.
LECORBELLIER (George-G.), rue de Londres, 51.
LE CORDIER (Léon), rue Bretagne-Bourg-l'Abbé, à Caen (Calvados).
LECOUTEUX (Nicolas-Hippolyte), rue Oberkampf, 74.
LEFÈVRE (Eugène-Hippolyte), rue des Deux-Portes Saint-Jean, 4.
LEFÈVRE (Léon-Marie), place Saint-Pierre, 2 et 4, à Dijon (Côte-d'Or).
LEFÈVRE (Prosper), rue Lemercier, 31 (Batignolles).
LEFRANÇOIS, rue Rocroy, 23.
LEGAT (Mathurin-Désiré), rue de Châlons, 22.
LEGAVRIAND (Paul-Floride), à Lille (Nord).
LEHAITRE (Paul-Léon), place et hôtel Louvois.
LEJEUNE (Charles-Émile) ✻, chef de l'exploitation du chemin de fer des Charentes, à Saintes (Charente-Inférieure).
LE LAURIN (Jules), rue de la Sorbonne, 2.
LELOUP (Joseph-Benoît), fabricant de sucres, à Arras (Pas-de-Calais).
LELOUP (Félix), aux mines de l'Autunois, à Autun (Saône-et-Loire).
LELOUP (Louis-Joseph-Clément), 17, rue St-Guillaume (Courbevoie),

MM. Lemaire (Alexandre-Auguste), à Aix-les-Bains (Savoie).
Le Moine (Charles), à Saint-Germain de Tallerande (Calvados).
Lemoinne (Lucien) ✻, rue de l'Université, 6.
Lemonnier (Paul), aux forges de Terre-Noire (Loire).
Lemonon (Ernest), à Arc-en-Barois (Haute-Marne).
Lencauchez, rue du Faubourg-Saint-Martin, 212.
Lepainteur (Constant), directeur de la Fonderie, à Évreux (Eure).
Lepeudry (Paul-Noël), rue Montholon, 28.
Lepeudry, rue Montholon, 28.
Leprince (Alexandre), à Vevey (Suisse).
Le Roy (Amable) ✻, place de la Gare, 27, à Nancy (Meurthe).
Le Roy Desclosages (Raoul-Charles), Grande-Rue, 104, à Champigny-sur-Marne (Seine).
Letellier, rue Saint-Vincent-de-Paul, 7.
Letestu, rue du Temple, 118.
Létrange (Léon), rue des Vieilles-Haudriettes, 4.
Levassor (Émile-Constant), maison Durenne, à Courbevoie.
Levat (Gustave) ✻, à Arles (Bouches-du-Rhône).
Level (Émile), rue Murillo, 4, parc Monceaux.
Lévi-Alvarès (Albert), O. ✻ C. ✻, directeur de l'Exploitation du chemin de fer de Cordoue à Séville.
Leygue (Léon), rue Neuve-Fontaine-Saint-Georges, 68.
Lewandowski (Charles), 18, Goy's Bulding (Boston), États-Unis d'Amérique.
Lhomme (Paul-Émile), rue du Faubourg-Saint-Martin, 140.
Limet (Hippolyte), à Cosne (Nièvre).
Limoge (de) (Louis-Auguste), rue Vaubecourt, 3, à Lyon (Rhône).
Lippmann (Édouard), rue de Chabrol, 51.
Lissignol (Antoine-Abraham-Emmanuel), boulevard Haussmann, 136.
Litschfousse (Léon), Callé de Silva, 38, à Madrid (Espagne).
Loiseau (Adolphe), rue de Sèvres, 108.
Loiseau (Désiré), rue Lafayette, 137.
Loisel O ✻ ✠, rue Mansart, 11.
Longpérier (Charles), rue Sabot, 6, à Meaux (Seine-et-Marne).
Longraire (Léopold-François), via Goito, 10, à Gênes (Italie).
Lopez-Bustamante (Francisco), à Santander (Espagne).
Lousteau (Gustave) ✻ ✻ ✠ ✻, rue de Dunkerque, 20.
Love (Georges-Henri) ✻, rue de Châteaudun, 42.
Macabies (Paul-Maurice-Joseph), rue de la Chapelle, 20.
Madelaine (Edouard), à Saintes (Charente-Inférieure).
Magny (Charles), à Luxeuil (Haute-Garonne).
Maire (Armand), rue de la Bienfaisance, 10.
Maldant, rue d'Armaillé, 27, aux Ternes.
Mallet (Anatole), rue Blanche, 80.

MM. **Malo** (Léon) ✱, aux mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
Manby (Charles) ✱ C. ✱ ✱ ✠, 79, Harley street, Londres (Angleterre).
Marcais, boulevard de la Madeleine, 17.
Marché (Eugène-Ernest), rue Blanche, 88.
Marco Martinez (Agapito), province de Logroño Alfaro (Espagne).
Marchal (Victor), boulevard Montparnasse, 56.
Maréchal (Alfred), à Sotteville-lez-Rouen (Seine-Inférieure).
Marié (Ernest) ✱, rue de Seine, 6.
Marin (Paul), à Bühl, près Guebwiller (Haut-Rhin).
Marindaz (Jules-Charles), rue Saint-Lazare, 84.
Mariotte (Charles), quai de la Râpée, 36.
Marland (Joseph), à Aubenas (Ardèche).
Marle (Paul), à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
Marlier (Paul-Théodore-Eugène), rue Nexirue, 18, à Metz (Moselle).
Marsillon (Jean) ✱, ingénieur principal, à Vesoul (Haute-Saône).
Martenot ✱, à Ancy-le-Franc (Yonne).
Martin (Charles), rue Monge, 85.
Martin (Louis) ✱, rue de Strasbourg, 10.
Martin (Charles-William), avenue de la Reine-Hortense, 13.
Martin (Léon-Adolphe), rue d'Assas, 5.
Masselin (Armand), rue de Lancry, 14.
Masson (Georges), Impasse Béranger, 11, à Vaugirard.
Mastaing (de) (Louis), rue de Chaillot, 95.
Mathias (Félix) ✱ O. ✱ ✱ ✠ ✱, rue de Dunkerque, 20.
Mathias (Ferdinand) ✱ ✱, à Lille (Nord).
Mathieu (Henri) ✱, rue Casimir-Périer, 27.
Mathieu (Ferdinand) O. ✱, rue de Provence, 56.
Mathieu (Jules) ✱, rue de l'Entrepôt, 15.
Matthiessen (James-Adolphe), rue Drouot, 25.
Mauget (Jean-Aristide) ✱, rue Chabrol, 51.
Mauguin (Pierre-Étienne), rue Taitbout, 80.
Maure (Edmond), avenue Percier, 10.
Maury (Noël), boulevard des Batignolles, 41.
Maury (Arthur-Nicolas), rue Linné, 10.
Mayer (Edmond-Louis), boulevard Beaumarchais, 82.
Mayer (Ernest) ✱, rue d'Amsterdam, 41.
Mazeline ✱, constructeur, au Havre (Seine-Inférieure).
Meiner (Charles-Louis), à l'Isle-sur-le-Doubs (Doubs).
Mehrmann (Auguste-Albert), rue Sainte-Glossinde, 2, à Metz (Moselle).
Mélin (Jules-Léon), rue Louvois, 6.

MM. Méliton (Martin), ingénieur en chef de la construction du chemin de fer du Nord-Ouest de l'Espagne, à Léon (Espagne).
Mensier (Alphonse-Eugène), à la gare de l'Est.
Méraux (Gustave-Louis), rue de Chabrol, 36.
Mercier (Auguste), rue Pierre-Levée, 18.
Mesdach, rue Saint-Paul, 28.
Mesmer ✠, à Graffenstaden (Bas-Rhin).
Mesnard, rue de l'Université, 183.
Meyer (J.-J.), avenue de Matignon, 11.
Meyer (Adolphe), Grand-Hôtel du Mont-Blanc, à Neuchâtel (Suisse).
Michaud (Edmond), fabricant de savons, rue de Pantin, 49, à Aubervilliers (Seine).
Michaud (Jules), rue de Douai, 7.
Michel (Alphonse), à Troyes (Aube).
Michel (Léopold), à Saintes (Charente-Inférieure).
Michelant ✠, au chemin de fer d'Orléans (au dépôt), à Ivry.
Michelet (Émile), quai Valmy, 251.
Mignon, rue Oberkampf, 151.
Mirecki (Antoine-Salwomir), boulevard Magenta, 150.
Mitchell (William-Jean-Baptiste) ✠ ✠, au chemin de fer de Lyon, boulevard Mazas.
Moerath (Jean-Népomucène), ingénieur en chef de la marine impériale, via della Sauza, casa Sambuchi, 77, à Trieste.
Moisant (Armand), constructeur, boulevard de Vaugirard, 20.
Moléon (Léopold), rue Saint-André-des-Arts, 52.
Molinos (Léon-Isidore) ✠, rue Châteaudun, 2.
Moll (Henri), rue Courbin, 4, à Bordeaux (Gironde).
Mollard, rue de l'Écluse, 17.
Mombro (Ferdinand), boulevard Malesherbes, 41.
Monard (Charles), rue Perdonnet, 12.
Monier (Ernest), à Cambrai (Nord).
Monnier (Démétrius), rue de la Darse, 7, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Monnot (Paul-Charles), boulevard national, 163, au Havre (Seine-Inférieure).
Monthiers, rue Neuve-des-Petits-Champs, 62.
Montouan (André), à la gare d'Argentan (Orne).
Mony (Stéphane) O. ✠, à Commentry (Allier).
Morandière (Jules-Raoul), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Morandière (Édouard-Alexis), rue Notre-Dame-des-Champs, 27.
Moreau (Albert), rue de Seine, 6.
Moreau (Émile), rue de la Tour, 16, à Bordeaux (Gironde).
Moreaux (Félix) ✠ ✠, rue François Ier, 52.
Morice, ingénieur de la voie, à Hazebrouck (Nord).

MM. Morin (le général) G. ✱ ✱ ✱ ✱, rue Saint-Martin, 292.
Mouchelet Bey, rue de Clichy, 60.
Mraile (Alexandre-Antonin), agent voyer à Jonzac (Charente-Inférieure).
Muller (Adrien, à Jemeppe-lez-Liége (Belgique).
Muller (Émile) ✱, rue des Martyrs, 19.
Mulot-Durivage (Albert), rue de Navarin, 14.
Nancy (Alfred), ingénieur des docks, au Havre (Seine-Inférieure).
Néri (Ferreira-Jean) ✱, à Rio-Janeiro (Brésil).
Nicod (Émile), à Beaucourt (Haut-Rhin).
Nillis (Auguste), à Châtillon-sur-Seine (Côte-d'Or).
Nillus (Albert-Emmanuel), rue de Rome, 71.
Noblet (Albert), place Saint-Paul, 6, à Liége (Belgique).
Noisette, rue des Poissonniers, 50, à la Chapelle.
Nordling (Wilhelm) ✱ ✱ ✱, conseiller aulique de S. M. l'Empereur d'Autriche, 15, place Schwarzenberg, à Vienne (Autriche).
Normand fils, constructeur au Havre, cours de la République, 1, (Seine-Inférieure).
Nougaret (Jean-Joseph), à Saintes (Charente-Inférieure).
Nouguier (Émile-Toussaint-Michel), rue Saint-Honoré, 171.
Nozo (Alfred) ✱ ✱, à Luxeuil (Haute-Saône).
Nye (Henri), boulevard de Clichy, 74.
O'Brien (William), rue Simoneau, 7, à Boulogne-sur-Mer (P.-de-C.).
Orsat (Louis-Hingest), rue de la Victoire, 29.
Orsatti (Camille), ✱, rue Neuve des Petits-Champs, 38.
Ory (Paul-Étienne), rue du Pont-aux-Choux, 17.
Oudot (Charles), rue des Saints-Pères, 40.
Oughterson (George-Blacke), fondeur à Rouen (Seine-Inférieure).
Paget (Frédéric-Arthur), 1, Seymour Chambies. York-Buildings, Adelphi, W. C. (Londres).
Pajot (François-Théophile), boulevard Malesherbes, 19.
Palotte (Émile) fils, rue de la Chaussée-d'Antin, 15.
Paquin ✱, au chem. de fer de Saragosse à Alicante, à Madrid (Esp.).
Parlier (Jean-Louis-Édouard), rue d'Amsterdam, 67.
Pascal, rue du Bocage, 21, à Saint-Denis.
Pasquet-Chamier (George-Antoine), boulevard de Strasbourg, 48.
Paul (Antoine), rue de Clichy, 67.
Pélegrin (Henri-Auguste), à Valréas (Vaucluse).
Pélegry (Maurice-François-Louis), aux forges et laminoirs du Bazacle, à Toulouse (Haute-Garonne).
Péligot (Henri), rue Saint-Lazare, 43.
Pereire (Eugène) O. ✱ ✱, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Pereire (Émile) fils, boulevard Malesherbes, 86.
Pereire (Henri), rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

MM. Pérignon (Eugène), faubourg Saint-Honoré, 105.
Périssé (Jean-Sylvain), rue Blanche, 95.
Perrault (Auguste-Étienne) ✵, à Sées (Orne).
Perret (Louis), rue d'Hauteville, 67.
Pesaro (Jules), à la direction du chemin de fer de Messine, à Messine (Italie).
Petin O. ✵, à Rive-de-Gier (Loire).
Petit (François-Pierre-Guillaume), à Louviers (Eure).
Petit (Émile-Charles), rue des Minimes, à Roanne (Loire).
Petit (Georges-Ch.-André), à Saint-Jean d'Angely (Charente-Inf.).
Petit (Germain-Félix-Amédée), rue Croix-des-Petits-Champs, 27.
Petitgand ✵, boulevard Malesherbes, 68.
Petitjean, rue de Bruxelles, 13.
Petre, rue de Bourgogne, 52.
Picard (Edmond), ✵, rue du Château-Trompette, 3, à Bordeaux (Gironde).
Picard (Maurice-Félix-Antoine), rue de la Reine, 57, à Lyon (Rhône).
Picard (Philippe), rue Saint-Dominique Saint-Germain, 2.
Picard, Palazzo Péricoli, via del Corso, 340, à Rome (Italie).
Pichault (Stéphane), à l'établissement de John Cockerill, à Seraing (Belgique).
Pierrard (Eugène), boulevard du Temple, 22, à Reims (Marne).
Pierre (Antoine), à Remiremont (Vosges).
Pierron ✵, rue des Batignolles, 43, aux Batignolles.
Piet (Jules), rue de Chabrol, 33.
Pihet fils, rue Neuve-Popincourt, 8.
Pillichody (Arnault), entrepreneur des travaux publics, à Villeneuve-l'Archevêque (Yonne).
Pinat (Léon), aux forges d'Allevard (Isère).
Piquet (Aimé-Auguste), rue de la Tour, 22, à Passy.
Piquet (Alfonse) O. ✠, 5, plaza de Prim, à Madrid (Espagne).
Place (de) (Henri), à Saint-Éloi, par Montaigut-les-Combrailles (Puy-de-Dôme).
Planat (Paul-Amédée), rue Saint-Louis, 59, à Grenelle.
Plazanet (Joseph-Antoine), ✵, rue des Gravilliers, 23.
Poinsot, rue Hauteville, 45.
Pollet (Henri), directeur des mines de Santo-Martinho, à Alcanises, province de Zamora (Espagne).
Poiret (Emile), au Mans (Sarthe).
Poncelet (Antoine), O. ✵ ✵, à Bruxelles (Belgique).
Poncin (Frédéric), rue Saint-Saturnin, 6, à Tours (Indre-et-Loire).
Ponsard (Auguste-Jean-Jules-Alexandre), avenue Bosquet, 11.
Pot (Charles), rue Dieudé, 18, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

MM. Pothier (Francis), rue de Penthièvre, 6.
Pottier (Ferdinand), passage des Eaux, 4, à Passy.
Pouell, ing. de la voie au chemin de fer du Nord, à Douai (Nord).
Poulain (Jules-Étienne), boulevard Beaumarchais, 14.
Poupard, rue de Longchamps, 10, à Chaillot.
Priestley (William-Charles), rue du Cherche-Midi, 36.
Prisse (Édouard-Louis) ✻, chem. de fer d'Anvers à Gand (Belgiq.)
Pronnier (Charles), quai Voltaire, 23.
Prou (Victor-Armand), place de la Bourse, 15.
Prouteaux (Réné-Albert), aux fonderies de Romilly-sur-Andelle, par Pont-Saint-Pierre (Eure).
Prudent (Georges-Henri-Émile), 38, rue Notre-Dame-des-Victoires.
Prudon (Jean-Marie), ingén. de la maison Joret à Montataire (Oise).
Prus (Georges), rue Grétry, 47, à Liége (Belgique).
Pury (de) (Gustave) ✻, à Neufchâtel (Suisse).
Puylaroque (de) (Raymond), à Castelnau-d'Estrétefond (H.-Gar.).
Quarre d'Aligny (Henri-Ferdinand), rue Malher, 20.
Quesnot (Louis-Auguste-Émile), boulevard Mazas, 18 ou 20.
Rainneville (de) (Xavier), boulevard Haussmann, 162.
Rancès (Frédéric) ✻, rue Ste-Catherine, 137, à Bordeaux (Gironde).
Raspail (Émile-Jules), rue du Temple, 14.
Rasquin (Henri-Auguste), à la gare du chemin de fer de l'Est.
Rebière (Guillaume) ✻, à Reims (Marne).
Redon (Martial), allée des Bénédictins, à Limoges (Haute-Vienne).
Regad (Léon), à Fraisans (Jura).
Régel (de) (Philippe-Constant) ✻, à Strasbourg (Bas-Rhin).
Regnard (Louis-Paul-Antoine), rue des Quatre-Fils, 3.
Regnault (Jules) ✻, rue de Stockholm, 4.
Renard (Nicolas-François), rue du Bac, 122.
Renard (Lucien), rue de Rovigo, 18.
Revin (Jules-Henri-Victor), rue de Famars, 123, à Valenciennes (Nord).
Rey (Louis-Pierre-Félix) ✻, rue Monge, 100.
Reymond (Francisque), entrepreneur, place de la Mairie, à Montbrison (Loire).
Reynaud (Charles), à Cette (Hérault).
Reynaud (Georges), rue de la Paix, 4.
Reytier, rue du Cherche-Midi, 34.
Rhoné (Charles-Léopold) ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Ribail (Xavier) ✻, rue du Chemin-de-Fer, 35.
Richard (Jean-Louis) ✻, rue Billault, 31.
Riche (Armand), rue du Bac, 34.
Richemond (Émile-Louis), rue Malesherbes, 38.
Richomme, rue Saint-Jean, à Pontoise (Oise).

MM. Ridder (de) (Pierre-Octave), avenue du Coq, 3.
Rigollot (Ernest), à la gare de l'Ouest, boulevard Montparnasse.
Robert (Jacques), rue Truffaut, 37 (Batignolles).
Rocaché (Louis-Jules), rue de la Roquette, passage Sainte-Marie, 12.
Rogé, à Pont-à-Mousson (Meurthe).
Rolin (François-Étienne), place Mac-Mahon, 4, à Alger.
Romme (Alfred) ✱, à Saint-Quentin (Aisne).
Roques (Adrien-Jacques), à Saint-Affrique (Aveyron).
Rosiés (Aristide), au Caire (Égypte).
Rouart, rue Oberkampf, 149.
Roussin (Étienne), rue des Fossés, 3, à Vitré (Ille-et-Vilaine).
Rouyer (Victor-Léandre), Cours impérial, à Saintes (Charente-Inférieure).
Roy (Edmond), à la fabrique de glaces de Lima (Pérou).
Roze (Eugène), fabricant de toiles cirées, 78, rue du Château-d'Eau.
Rozycki (Stanislas), au Creusot (Saône-et-Loire).
Rubin (Arthur), rue de Navarin, 22.
Rueff (Léon), avenue Trudaine, 27.
Ruolz (de) O ✱ G. O. ✱ C. ✱, rue du Canivet, 3.
Saillard, constructeur, à Nantes (Loire-Inférieure).
Saint-James, inspecteur de la voie au chemin de fer du Nord, faubourg Sainte-Croix, 33, à Namur (Belgique).
Salesse (Paul-Alphonse), inspecteur de la traction à Tours (Indre-et-Loire).
Salleron (Ernest), à Sens (Yonne).
Salomon (Louis-Antoine-Marie), rue d'Amsterdam, 82.
Salvetat (Alphonse) ✱ ✱, à la Manufacture nationale de Sèvres (Seine-et-Oise).
Sandberg (Christer-Geter), Great George street, Westminster, S.W. à Londres.
Sautter (Louis) ✱, avenue de Suffren, 26.
Sauvan-Deleure (Louis), 84, rue de Paradis, à Liége (Belgique).
Scellier, fondeur à Voujaucourt (Doubs).
Schabaver, à Castres (Tarn).
Schaeck (Augustin-Clément), rue Lafayette, 103.
Scheidecker (Léon), à Lutzelhausen (Bas-Rhin).
Schivre, au Grand-Hornue, près Mons (Belgique).
Schlincker (Michel-Adolphe), à Creutzwald (Moselle).
Schlumberger ✱(Henri), au château de Guebwiller (Haut-Rhin).
Schlumberger-Hartmann, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Schmerber, à Mulhouse (Haut-Rhin).
Schmoll (Adolphe), Wollzeile, 40, à Vienne (Autriche).

MM. Schneider (Eugène) G. O. ✻ ✻, rue Boudreau, 1.
Seebold (Lothaire-François), ✻, rue de Provence, 65.
Séguin (Paul), rue de la Ville-l'Évêque, 40.
Selle (de) (Albert-Marie), avenue de Villars, 5.
Sepres (de) (Henri-Robert-Yves), 9, calle de Campomanes Tercero derecha, à Madrid (Espagne).
Ser (Louis) ✻, rue de Rivoli, 82.
Sérafon ✻, rue Baudin, 14.
Sergejeff (Nicolas) ✻, rue de Parme, 8.
Serverac (Jacques-Paul), rue Amelot, 16.
Servier (Édouard), avenue Serpenoise, 9, à Metz (Moselle).
Siéber, rue Trézel, 1, à Batignolles.
Siemens, rue du Cardinal-Fesch, 11.
Smith (Louis-Christian-Henri), rue Neuve-des-Mathurins, 55.
Simon (Édouard), rue Saint-Maur-Popincourt, 74.
Simon (Henri), 7, Saint-Peters square, à Manchester (Angleterre).
Simons (Paul), à Le Cateau (Nord).
Sparre (Pierre-Ambson) O. ✻ ✻, rue Lafayette, 88.
Sommer (Frédéric), à Saint-Pétersbourg (Russie).
Sonolet (Gustave-Auguste), rue Théodore Ducos, 25, à Bordeaux (Gironde).
Stapfer (Daniel), boulevard de la Mayor à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Stilmant (Philippe-Louis-Aimé), rue de Rome, 129.
Stoclet (Victor), Chaussée Charleroi Saint-Gilles, 5, à Bruxelles (Belgique).
Stummer (de) (Charles), Elisabeth-Strasse, 11, à Vienne (Autriche).
Sulberger-Ziegler, à Winterthur (Suisse).
Taillandier (François), chef de section au chemin de fer de Ciudad-Réal, à Badajoz, à Puertollano (Espagne).
Taillard (Ernest) ✻ ✻, rue Rossini, 4.
Tardieu (Henri-Ernest), rue Neuve, 17, à Compiègne (Oise).
Tétard (François), boulevard Montparnasse, 72.
Thauvin (Pierre-Jules), à Pise-Fontaine près Triel (Seine-et-Oise).
Theurkauff (Achille-Henri), boulevard du Palais, 11.
Thévenet (Jules) O. ✻ C. ✻, rue de Douai, 61.
Thibault (Louis-Marie), fabricant de papiers à Troyes (Aube).
Thirion (Charles), boulevard Beaumarchais, 95.
Thirion (Oswald), rue de la Pépinière, 12.
Thomas (Jules-Émilien), rue de Cologne, 154, à Bruxelles (Belgique).
Thomas (Pierre), rue de la Ferme-des-Mathurins, 16.
Thomas (Frédéric), à la gare de Toulouse (Haute-Garonne).
Thomas (Max), quai Voltaire, 11.

MM. Thomas-Grellou (Léon), rue de la Ferme-des-Mathurins, 30.

Thomé de Gamond, rue de Tivoli, 27.

Thouin (Charles) ✱ ✱ ✱, rue de Dunkerque, 20.

Thoulet (Julien), rue de Laval, 24.

Tiquet (Pierre-Maurice-Gustave), aux Usines de Baignes, par Traves (Haute-Saône).

Tournade de Noaillat (Lucien-Henri-Amable), rue de la Bruyère, 24.

Tourneux (Félix), rue de la Michodière, 20.

Touron (Roch-Sylvain), rue de Dunkerque, 48.

Trélat (Émile), O. ✱, boulevard Montparnasse, 136.

Tresca (Henri), O. ✱ ✱ ✱ ✱, sous-directeur au Conservatoire des Arts et Métiers, rue Saint-Martin, 292.

Tresca (Alfred), rue Saint-Martin, 292.

Tresca (Gustave-Jules), rue Saint-Martin, 292.

Trevellini (Louis), à Florence (Italie).

Tronchon (Jean-Anatole), rue de Metz, 8.

Tronquoy (Camille), rue Thomas-d'Orléans, 5, à Colombes (Seine).

Turck (Michel), rue d'Amsterdam, 29.

Turckheim (de) (Guillaume-Rodolphe), rue du Temple-Neuf, 3, à Strasbourg (Bas-Rhin).

Ulens (Léon), rue Godecharles, 20, à Ixelles-lès-Bruxelles (Belgique).

Urbain (Victor), rue Saint-Sabin, 24.

Urban (Maurice-Pierre), rue de la Loi, 102, à Bruxelles (Belgique).

Vaessen, directeur des ateliers de la Société Saint-Léonard, à Liége (Belgique).

Valdelièvre (Léon), à Saint-Pierre-lès-Calais (Pas-de-Calais).

Valentin (Léopold) ✱ ✱, place des Martyrs, 4, à Bruxelles (Belgique).

Vallez (Alphonse), rue des Anges, 10, à Valenciennes (Nord).

Vallier (Émile) ✱, rue Saint-Lazare, 142.

Valton (Ferdinand), à Terre-Noire (Loire).

Vandel (Émile), aux forges de la Ferrière-sous-Jougne (Doubs).

Vander Elst (Lucien), à Braine-le-Comte (Belgique).

Vanderheym (Eugène-Napoléon), à Turville (Haute-Marne).

Van Muyden (Aloys), à Lausanne (Suisse).

Vauthier, rue Saint-Lazare, 11.

Vée (Léonce-Émile), boulevard Malesherbes, 72.

Vegni (Angelo) C. ✱ ✱ ✱, via Saint-Nicolo, 131, à Florence (Italie).

Verdié ✱, gérant des aciéries et forges de Firminy (Loire).

Vergnes (Paul-Eugène), boulevard Sainte-Catherine, 28, à Limoges (Haute-Vienne).

Vérité (Augustin-Lucien), à Beauvais (Oise).

•MM. Verrine (Louis-Justin), rue Saint-Jean, 264, à Caen (Calvados).
Vidard (Jean-Baptiste), rue de Rome, 51.
Vieillard (Jules-André-Albert), quai de Bacalan, 77, à Bordeaux (Gironde).
Vigan (Eugène-Médéric), cours de Vincennes, 45.
Vignier (Pierre-Auguste) ✻, rue Lacondamine, 98, à Batignolles.
Vigreux (Léon), rue de Rivoli, 16.
Villermé, à Trelon (Nord).
Vinay (Pierre-Jules-Émile), rue Vanneau, 38.
Vinchent ✻, ingénieur en chef de l'État, à Bruxelles (Belgique).
Vinit (Pierre-Arsène), contrôleur au chemin de fer de Lyon, rue de Greffulhe, 9.
Viron (Charles-Louis), chef de section du chemin de fer d'Orléans, à la gare de Tours (Indre-et-Loire).
Voruz aîné ✻, à Nantes (Loire-Inférieure).
Vojacek (Ladislas), ingénieur de la direction royale des chemins de fer de Hongrie, Buda-Perth, 47, Ozam Vigvaros (Hongrie).
Vuigner (Henri-Louis), rue de l'Université, 30.
Vuigner (Adrien), rue de Lille, 46.
Vuillemin (Émile) ✻, aux Mines d'Aniche (Nord).
Vuillemin (Louis-Charles) O. ✻ ✠ ✻, rue Réaumur, 43.
Wahl ✻, boulevard Richard-Lenoir, 98.
Wallaert (Auguste), rue Saint-Sauveur, 23, à Lille (Nord).
Watteville (de) (Charles-Louis), rue Turbigo, 89.
Weil (Frédéric) ✻, rue des Petites-Écuries, 13.
Wendel (de) (Paul-François-Henri), à Mayeuvre (Moselle).
West (Paul), rue de Clichy, 39.
Whaley (Georges), à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).
Wiard (Léopold), à Cambrai (Nord).
Wissocq (Alfred), aux ateliers du chemin de fer du Nord à la Chapelle.
Wohlguemuth, calle del Consego de Ciento, 356-2, P. Ensenche à Barcelone (Espagne).
Wolmeringer (Eugène-François), à Ismaïlia (Égypte).
Wurgler (André), rue de Compiègne, 2.
Xavier (Jean), rue de Châteaudun, 11.
Ximenez (Aureliano) ✻, à Ciudad Real (Espagne).
Yvert (Léon), rue de Londres, 4.
Yvon Villarceau (Antoine) ✻ ✻ ✻, avenue de l'Observatoire, 18.

Membres Associés.

MM. Agache, filateur à Lille (Nord).

Chateau, au port Saint-Ouen (Banlieue).

Chavassieu (Jean-Baptiste), député, boulevard de la Mairie, à Montbrison (Loire).

Cordier (Henry-Georges), à Bellefontaine, district de Porrentruy, canton de Berne (Suisse).

Dehaynin (Camille), faubourg Saint-Martin, 12.

Dufay (Auguste), rue Neuve-Saint-Merri, 12.

Duménil (Louis-Joseph), rue de Paris, 91, à Pantin.

Duperray (Jean-Gaspard), boulevard des Batignolles, 51.

Durand (Eugène), rue de l'Arbre-Sec, 19, à Lyon (Rhône).

Garnier (Paul-Casimir), rue Taitbout, 16.

Géneste (Eugène), rue du Chemin-Vert, 34.

Gérard (Gustave-Eugène), rue du Théâtre, 1, Grenelle.

Geyler (Henry), ingénieur de la Compagnie française des Tabacs, hôtel de Londres, à Saint-Sébastien (Espagne).

Giroud (Henri), rue d'Hauteville, 49.

Joubert (René-Achille), rue de la Fidélité, 11, à Angers (Maine-et-Loire).

Jourdain (Frédéric-Joseph), rue de Penthièvre, 7.

Laveissière (Jules-Joseph), rue de la Verrerie, 58.

Le Cyre (Alfred), rue Neuve-Saint-Augustin, 22.

Léon (Alexandre), Cours du Chapeau-Rouge, 11, à Bordeaux (Gironde).

Lesseps (de) (Ferdinand) G. C. ✱ ✱ ✱, président de la Compagnie universelle du canal de Suez, rue Richepance, 9.

Martellière (de la) (Camille-Alfred), rue Béranger, 21.

Menier (Émile-Justin), rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, 37.

Montrichard (de) (Girard), à Gray (Haute-Saône).

Moyse (Maurice) C. ✱, rue Pigalle, 16.

Oeschger (Louis-Gabriel), rue Saint-Paul, 28.

Pereire (Émile) C. ✱ ✱, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Pereire (Isaac) O. ✱ ✱, président du Conseil d'administration de la Société autrichienne impériale et royale, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.

Robin (Théodore), rue Saint-Lazare, 89 (avenue du Coq, 4).

Sommier (Alfred), rue de l'Arcade, 20.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, rue de Dunkerque, 20.

MM. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Ouest, rue d'Amsterdam, 3.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de l'Est, rue de Strasbourg.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Londres, 8.

M. le Président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, rue Saint-Lazare, 88.

Secrétaire-Archiviste.

M. Husquin de Rhéville ✻, cité Rougemont, 10.

LISTE

DES MEMBRES DONATEURS

ET

DES MEMBRES EXONÉRÉS

Liste des Membres de la Société qui se sont exonérés et qui ont fait une donation de 100 fr. au moins.

MM.	fr.
BERGERON.	100
BIVER (Hector).	100
BOIS (Victor)[1].	100
BONNET (Auguste-Félix).	200
BRÉGUET.	500
BRICOGNE (Charles).	500
BUDDICOM.	600
CAILLET.	600
CAILLOT-PINART.	100
CALLA.	500
CASTOR.	1000
CHABRIER (Ernest).	600
CHEVANDIER DE VALDROME (E.-J).	600
CHOBRZYNSKI (Jean-Pierre-Ch.).	600
Chemin de fer de l'Est.	1600
Chemin de fer du Nord.	1600
Chemin de fer de Lyon.	1600
Chemin de fer d'Orléans.	1600
Chemin de fer de l'Ouest.	1600
CLAPARÈDE (Frédéric-Moyse).	500
CRÉTIN (Gabriel).	100
DE DION (Henri).	300
DELIGNY (Ernest).	200
DUFOURNEL (Alphonse).	100
DURVAL (Maurice-Charles).	200
FARCOT (Joseph).	800
FAURE (Auguste)[1].	500
FLACHAT (Eugène).	600
FONTENAY (Tony).	600
FORQUENOT (Victor).	600
FRICHOT.	100
GAUDET.	100
GIFFARD.	2000
GOTTSCHALK.	500
GUÉRIN DE LITTEAU (Edgar).	100
HAMERS.	100
HOUEL.	1000
LALO.	100
LASVIGNES (Louis).	100
LAURENT (Charles)[1].	200
LAVALLEY.	400
LE BRUN (Raymond-Louis).	100
LETESTU.	124
LOUSTAU (Gustave).	100
LOVE (Gustave).	500
MAIRE (Armand).	100
MARTIN (Charles-William).	500
MATHIEU (Henri).	100
MAYER (Ernest).	400
MEINER.	400
MESDACH.	100
MOLINOS (Léon-Isidore).	600
MONY (Stéphane).	600
PEREIRE (Émile).	1000
PEREIRE (Isaac).	1000
PEREIRE (Henri).	1000

1. Décédé.

MM.	fr.	MM.	fr.
Pereire (Émile) fils.	1000	Rey (Louis-Pierre-Félix).	100
Pereire (Eugène).	500	Rhoné (Charles-Léopold).	600
Perdonnet (Auguste)[1].	1000	Richard (Jean-Louis).	100
Petiet (Jules)[1].	2500	Schabaver.	100
Petin.	100	Séguin (Paul).	1000
Picard.	100	Sommeiller[1].	176
Pot (Charles).	100	Thouvenot.	100
Pothier (Francis).	300	Vuigner (Émile)[1].	1000
Pronnier (Charles).	200	Vuillemin (Louis).	500
Raspail (Émile-Jules).	100		

Liste des Membres qui sont donateurs de 100 fr. et plus, mais non exonérés.

MM.	fr.	MM.	fr.
Armengaud aîné père.	100	Guillaume (Henri).	100
Armengaud jeune père.	100	Haas (Henri).	100
Armengaud fils jeune (Jules).	100	Hamoir.	100
Barroux (Léon).	100	Jeannenay[1].	100
Beaussobre (de) (Georges-E.).	100	Krupp (Alfred).	2000
Belleville.	100	Lainé.	100
Blutel.	100	Lavallée.	500
Boire.	100	Le Roy (Amable).	100
Borgella (Édouard).	100	Legavriand (Paul-Floride).	100
Boudsot[1].	100	Manby.	250
Boutmy.	100	Marsillon (Jean).	200
Chapelle[1].	100	Martin (Louis).	100
Delebecque.	100	Meyer (J.-J.).	144
Dombrowski.	100	Mitchell (William-Jean-B.).	100
Dru (Saint-Just) (Antoine).	100	Nancy (Alfred).	100
Dubuc.	100	Nordling.	600
Estoublon.	200	Pinat (Léon).	100
Farcot père et fils.	600	Plazanet.	100
Fontenay (de) (Eugène).	100	Poncelet (le Général)[1].	100
Fourneyron[1].	5000	Reytier.	200
Garnier (Paul)[1].	100	Schneider.	500
Gouvy (Alexandre).	100		

1. Décédé.

Liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

ABOILARD (François-Auguste-Th.).
AGACHE (Émile).
AGUDIO (Thomas).
ALCAN (Michel).
ALQUIÉ (Auguste-François).
ALBARET (Eugène)
ARBULU (de) (José Maria).
ARSON (Alexandre).

BADOIS (Edmond).
BARRAULT (Émile).
BATTAILLE STRAATMAN (Jean).
BÉLANGER (Charles-Eugène).
BELPAIRE (Alfred).
BENOIT-DUPORTAIL (Armand).
BÉVAN DE MASSY (Henri).
BIRLÉ (Albert).
BLANCHE (Auguste).
BLEYNIE (Martin).
BLONAY (DE) (Henri).
BLONDEAU (Paul-François).
BOIVIN (Émile).
BONNET (Désiré).
BOUGÈRE (Laurent).
BOURNIQUE[1].
BOURDON (Eugène).
BOURDON[1].
BOURSET.
BRANVILLE (DE) (Paul).
BRIDEL (Gustave).
BRUNT (John).
BRUSTLEIN (H.-Aimé).
BUSSIÈRE (DE).

MM.

CALLON (Charles).
CAPUCCIO (Gaetano).
CAIL (Émile).
CAZALIS DE FONDOUCE (Paul).
CAZES (Edwards-Adrien).
CERNUSCHI.
CHAUVEAU DES ROCHES (Arthur).
CHUWAB (Charles).
CLÉMENT-DESORMES.
COENE (DE) (Jules).
COSYNS.
COMBEROUSSE (DE) (Charles).
CORNAILLE (Alfred).
CUINAT (Charles).

DAGUERRE D'OSPITAL (Léon).
DAMBRICOURT (Auguste).
DEBARLE (Louis).
DEBAUGE (Jean-Louis)[1].
DEFFOSSE (Étienne-Alphonse).
DEGOUSÉE père[1].
DEGOUSÉE (Edmond).
DEHAYNIN (Camille).
DELANNOY (François-Albert).
DEMANEST (Edmond).
DELPECH[1].
DELPECH (Ferdinand).
DEMIMUID (René).
DENIEL.
DESNOS (Charles).
DRU (Léon-Victor-Edmond).
DUBIED (Henri-Édouard).
DURENNE aîné.

1. Décédé.

Suite de la liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

DURENNE (Antoine).
DUPUY (Léopold-Philibert).
DUVAL (Raoul).

ELWELL [1].
ELWELL (Thomas).
ERMEL (Frédéric).
EVRARD (Augustin) [1].

FLACHAT (Yvan).
FIÉVET (Ernest-Émile).
FOURNIER.

GAGET.
GANDILLOT (Jules).
GANNERON (Edmond).
GAVEAU (Alfred-Frédéric).
GAYRARD (Gustave).
GERMON (Alexis).
GEYLER (Alfred-Édouard).
GISLAIN.
GOSCHLER (Charles).
GOTTEREAU (Jean-Marie).
GOUMET.
GRALL (Isidore).
GRENIER (Achille).
GUÉRIN [1].
GUETTIER.
GUNTZ (Charles).

HENRI-LEPAUTE, fils (Édouard-Léon).
HUET (Alfred).
HODGSON (Jones).
HOULBRAT (Abel).

JEANSON (Charles-Marie-Auguste).

MM.

JOLLY (César).
JOLY [1].
JORDAN (Samson).
JUANMARTINENA (DE) (José).
JULLIN (Aimé).

LACOMBE.
LACRETELLE (Claude-Étienne).
LA SALLE (Auguste).
LANGLOIS (Auguste).
LASSON.
LAURENS (Camille).
LAVEISSIÈRE (Émile-Jean).
LAVEISSIÈRE (Ernest) [1].
LAVEISSIÈRE (Jules).
LEBON (Eugène).
LECHERF.
LE CLER (Achille).
LEJEUNE (Charles-Émile).
LEVEL (Émile).
LÉVI-ALVARÈS (Albert).
LIMET (Hippolyte).
LONGRAIRE (Léopold-François).

MALDANT.
MARIN (Paul).
MARLE (Paul).
MARLIER (Paul-Théodore-Eug.).
MARTENOT.
MATHIAS (Félix).
MATHIEU (Ferdinand).
MAURE (Edmond).
MAZELINE.
MENIER (Émile).
MESMER.
MICHELET (Émile).

1. Décédé.

Suite de la liste des Membres qui se sont exonérés.

MM.

MIGNON.
MIRECKI (Antoine-Salwomir).
MONNOT (Paul-Charles).
MULLER (Émile).

NOZO (Alfred).

PARLIER (Jean-Louis-Édouard).
PÉLIGOT (Henri).
PÉLEGRIN (Henri-Auguste).
PÉPIN-LEHALLEUR [1].
PÉRIGNON.
PÉRISSÉ (Jean-Sylvain).
PETRE.
PICHAULT (Stéphane).
PIET (Jules).
PIHET fils.
PIERRE (Antoine).
PIQUET (Alphonse).
POIRET (Émile).
PONCELET (Antoine).
POTTIER (Ferdinand).
POULOT [1].
PURY (DE) (Gustave).

REYMOND (Francisque).
RICHE (Armand).
ROCHETTE (DE LA), (Jérôme).
ROUART.

MM.

SAUVAN-DELEURE (Louis).
SAINT-JAMES.
SER (Louis).
SCHEIDECKER (Léon).
SIMON (Édouard).
SIMON (Henri).
SMITH (Louis-Christian-Henri).
SOMMIER.
SULBERGER-ZIEGLER.

THOMAS (Léonce) [1].
THOMAS-GRELLOU (Léon).
THOMAS (Max).

VAESSEN.
VALENTIN (Léopold).
VILLERMÉ.
VERRINE (Louis).
VORUZ.

WAHL.
WATTEVILLE (DE), (Charles).
WEST (Paul).
WHALEY (Georges).
WENDEL (de).
WISSOCQ (Alfred).
WURGLER (André).

YVERT (Léon).
YVON VILLARCEAU (Antoine).

1. Décédé.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

1ER TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1871

Séance du 6 Janvier 1871.

Présidence de M. VUILLEMIN.

La séance est ouverte à 8 heures.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. Chapelle, membre de la Société, et de M. Charles Laurent, vice-président.

Ancien élève de l'École des Arts et Métiers d'Angers, M. Ch. Laurent commença vers 1840 sa carrière industrielle dans les ateliers de M. Saulnier, mécanicien de la Monnaie, puis il s'attacha aux entreprises de l'éminent ingénieur-sondeur Degousée, dont il fut l'élève zélé d'abord, bientôt l'ami et enfin le gendre.

Il devint rapidement, sous un pareil maître, un ingénieur expert en ces sortes de travaux, et il fut appelé à diriger d'importants sondages en France d'abord, puis en Italie, en Espagne et en Afrique.

Il y a un an à peine, Laurent effectuait, à courte distance, deux fois le voyage de l'isthme de Suez dont il fit, à la demande de M. de Lesseps, qui l'affectionnait particulièrement, une étude géologique dont il devait publier sous peu les résultats.

En outre des nombreux mémoires sur les divers travaux de sondage qu'il a été appelé à diriger, il a publié, en collaboration avec M. Degousée, un ouvrage très-important et unique en son genre, *le Guide du Sondeur*.

Laurent était l'un des membres fondateurs de la Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers, dont il était depuis bien longtemps l'un des vice-présidents.

Il faisait en outre partie de la Société de Géologie, de celle philomatique et anthologique de Bordeaux et de celle des Ingénieurs civils de France, dont il était l'un des vice-présidents.

Bien certainement, si la mort n'était venu le frapper, il fût devenu prochainement le président de cette dernière, et nous savons qu'un grand nombre de ses collègues,

désireux de lui prouver leur sympathie, leur affection, avaient pensé que le moment était venu de lui déférer ce titre si enviable.

Bienveillant, dévoué, notre camarade ne s'épargnait pas lorsqu'il s'agissait d'obliger; aussi s'était-il acquis l'amitié, l'estime de tous, et le grand concours des personnes rassemblées autour de sa tombe témoigne des sentiments de sympathie qu'il s'était acquis.

M. le Président informe que M. Lepainteur, membre de la Société, fait don à la Société, au nom des fonderies d'Évreux, des divers types de projectiles fabriqués pendant le siége de Paris.

Pendant trois mois, d'octobre à la fin de décembre, le nombre de projectiles fabriqués à Paris par les soins de M. Lepainteur s'élève à 177,900, savoir :

Obus de 4	6,400
— de 7	19,900
— de 8 ordinaires	12,000
— de 8 à balles	1,700
— de 12 ordinaires	65,000
— de 12 à balles	3,000
— de 24	67,000
— de 16 de marine	2,400
— de 24 —	500
	177,900

C'est environ 2,000 projectiles par jour.

M. le Président adresse, au nom de la Société, des remercîments à M. Lepainteur et à la Société des fonderies d'Évreux.

M. Jordan donne quelques renseignements sur les poids comparatifs des projectiles français et prussiens lancés actuellement par l'ennemi sur les forts et dans l'enceinte de Paris.

Dans une prochaine séance, M. Jordan se propose de faire à la Société une communication plus complète sur les divers genres de projectiles.

M. David adresse à la Société une photographie et un rapport de M. Faye sur l'affût de l'amiral Labrousse. M. David fera, dans la prochaine séance, une communication sur cet affût.

M. J. Gaudry entretient la Société des affûts, caissons et autres engins du matériel accessoire des canons qui ont été commandés à l'industrie privée, sous la direction de la Commission du génie civil. Les deux commandes du Ministère de la Guerre et du Ministère des Travaux publics embrassent ensemble 2,200 véhicules, y compris les affûts, dans lesquels ont été employés environ 2,200 stères de bois de choix et 1,600 tonnes de métaux. Le problème, posé à la Commission du Conservatoire des Arts et Métiers, était en outre rendu considérable par le bref délai dans lequel le matériel à construire était demandé à des industriels et à des ingénieurs complétement pris au dépourvu et novices en artillerie. Les uns et les autres n'avaient, pour faire leur apprentissage, que des documents très-incomplets, très-peu précis parfois, et les constructeurs ont dû se contenter des approvisionnements et matières qu'ils avaient en magasin. Il faut ajouter qu'ils ont dû compter avec des

difficultés de toutes sortes que personne ne soupçonnait dans cette fabrication où tout doit être excessivement soigné, symétrique et solide, et qu'ils ont dû se contenter d'un prix de soumission peu élevé.

Malgré ce concours de difficultés qui avait fait regarder par quelques personnes la tâche de l'industrie privée comme impossible, le matériel voulu est en grande partie livré en service et généralement très-satisfaisant. La première commande, comprenant 487 affûts, a été signée le 16 octobre; le 25 novembre suivant, tout était livré par les ateliers des chemins de fer de Lyon, du Nord, de l'Est et d'Orléans, plus ceux de MM. Gouin et Pihet. La seconde commande, embrassant une grande variété de véhicules, depuis l'affût jusqu'au chariot de batterie, a été distribuée entre les susdites compagnies de chemins de fer, et, en outre, la plupart des carrossiers de Paris qui, eux-mêmes, ont eu une multitude de sous-traitants, de sorte qu'on peut dire que presque tous les ouvriers serruriers, charrons et mécaniciens qui l'ont voulu, ont été employés pendant le siége à la construction du matériel de défense. Si on n'a pas trouvé de la part des ouvriers tout le concours patriotique sur lequel on aurait cru pouvoir compter, il y a eu, d'autre part, d'admirables exemples d'entrain et de courage à travailler même de nuit, non sans beaucoup de souffrances en ce temps de disette. Quant aux constructeurs, on peut citer, parmi eux, la compagnie des Petites Voitures, qui a livré ses 50 caissons en six semaines, ainsi que les maisons Bonnefond, Gustave Jean et autres, qui sont arrivées à livrer leurs véhicules sans nécessiter aucunes retouches pour la mise en service.

La première commande des 487 affûts faite aux chemins de fer, et à deux autres constructeurs, a pu s'exécuter sous la direction immédiate de la Commission instituée au Conservatoire; mais celle-ci a dû organiser près d'elle un comité spécial de contrôle suivi et quotidien dans les ateliers, pour la seconde commande; sous la présidence de M. Bricogne on a réuni dans ce comité une dizaine d'ingénieurs agents réceptionnaires pris la plupart dans le personnel des chemins de fer de l'Est et du Nord. Ce comité se réunit périodiquement au Conservatoire pour conférer de tout ce qui concerne le détail de la construction et communiquer aux fabricants les instructions voulues. En outre, après avoir réuni péniblement les documents nécessaires, on a organisé un bureau central de plans et d'instructions à l'usage des constructeurs, aux ateliers du chemin de fer du Nord, et un autre aux ateliers du chemin de fer de Lyon. Enfin après la réception aux ateliers, on a formé au Conservatoire même un atelier de retouche, confié à une habile équipe du chemin de fer du Nord, et c'est ensuite seulement qu'on a livré le matériel à l'artillerie. M. Bricogne, qui a été personnellement l'organisateur de toutes ces mesures et l'âme de leur mise à exécution, a droit à toute la reconnaissance du génie civil.

En terminant, M. Gaudry dit qu'il a été chargé par diverses personnes prévenues de sa communication de remercier aussi en leur nom la commission du Conservatoire, qui a montré ainsi quelle était la fécondité de l'industrie privée et la force spontanée du génie civil, jusqu'ici si délaissé en France dans les travaux d'intérêt national. Grâce à ce concours, Paris a pu reconstituer au milieu d'un siége une artillerie sans laquelle la défense n'eût pas été possible. Il faut ajouter qu'on a pu fournir ainsi du travail à un nombre très-considérable d'ouvriers et que par l'obligation où les ateliers privés ont été mis de travailler avec ensemble et précision à un matériel très-soigné, on a fait faire de grands progrès à l'industrie de la carrosserie, l'une des plus considérables de Paris. Enfin le meilleur témoignage en faveur du matériel qui vient d'être créé par l'industrie privée et le génie civil est

que le ministère vient de commander 400 nouveaux affûts et caissons aux constructeurs qui ont terminé leur marché, et que d'autres commandes sont promises encore si besoin est.

M. le Président donne la parole à M. Badois pour exposer à la Société son système de fabrication de bouillon solide.

M. Badois fait ressortir que dans les malheureuses circonstances où nous nous trouvons, tout appoint apporté à l'alimentation de la population de Paris est d'une utilité évidente pour la défense.

On a cherché dans cette voie à extraire des os les principes d'origine animale qu'ils contiennent, et qui jusqu'ici étaient à peu près délaissés pour la nutrition.

Le ministère de l'agriculture et du commerce mit dès les premiers jours du siége cette question à l'étude, et chargea quatre industriels de produire ce que M. Frémy a appelé l'*osséine*, substance qui n'est autre chose que la partie cartilagineuse de l'os, séparée des sels minéraux. En même temps chaque fabricant devait fournir du bouillon d'os pour les pauvres.

C'est au courant de cette fabrication, et après avoir constaté les difficultés que présentait la livraison régulière, et en quantité suffisante, du bouillon liquide, que MM. Badois et E. Duchesne proposèrent de fabriquer une gelée d'os qui, dissoute dans l'eau chaude produisît immédiatement et économiquement dans les ménages du bouillon propre à animaliser les potages, les pâtes et les légumes secs. Ils ont appelé ce produit *bouillon solide*.

Tandis que l'osséine s'obtient par la digestion dans l'acide chlorhydrique étendu, et pendant plusieurs jours des os de boucherie, ils effectuent l'extraction de la matière animale au moyen de l'autoclave. Ce procédé avait été employé déjà par Papin et perfectionné par Darcet.

Il suffit, en effet, de soumettre le tissu osseux à l'action de la vapeur à une pression un peu supérieure à une atmosphère, pour qu'il abandonne d'abord la graisse dont il est imprégné, et en second lieu, les produits gélatineux. Ces derniers se dissolvent dans la vapeur qui se condense. L'extraction peut être poussée plus loin, plus rapidement, et on obtient des produits plus purs et moins colorés, si on opère, non plus avec la vapeur seule, mais avec l'eau chaude sans pression. La température peut alors être portée sans inconvénient de 106° à 125° ou 130°. Ce qui correspond à une pression de 2 1/2 à 2 3/4 atmosphères.

L'appareil employé consiste en un cylindre autoclave de $0^{m},60$ de diamètre et de 1 mètre de hauteur pouvant se renverser autour d'un axe horizontal à la manière des cylindres oscillants des machines à vapeur. Par l'un des tourillons arrive la vapeur qui se rend au bas de l'appareil, et par l'autre tourillon est amenée l'eau qui afflue au contraire à la partie supérieure. Les os convenablement concassés et lavés sont placés dans le cylindre. La première action de la vapeur fait fondre la graisse, qui s'écoule par un robinet inférieur. On introduit l'eau à ce moment et, au bout d'un temps assez court, on recueille par le même robinet la dissolution gélatineuse. Celle-ci est alors concentrée, s'il est besoin, dans une chaudière à vapeur à double fond, et associée à une infusion de céleri et autres aromates que l'on emploie le plus habituellement dans les pot-au-feu. Refroidie à l'air, elle se prend en gelée et peut alors être facilement livrée aux cantines et au commerce.

La concentration est faite de manière à ce que 30 grammes de produit (une cuillerée à bouche), dissous dans un litre d'eau chaude, donnent un bouillon suffisant

que l'on peut rendre du reste plus agréable au goût par l'addition d'un peu de graisse et aussi de jus de légumes si on en a.

1 kilogramme de bouillon solide peut donc fournir de 30 à 35 litres de bouillon ordinaire, soit de 60 à 70 rations. Il est livré aux cantines municipales, aux ambulances et à la charité publique à un prix qui fait revenir le litre à moins de 0f,05.

L'importance de la fabrication journalière dans l'usine de M. E. Duchesne atteint 3,000 kilogrammes, ce qui correspond à 200,000 rations de bouillon de demi-litre par jour.

Répondant aux observations qui lui sont faites par quelques membres de la Société, M. Badois dit que l'on n'est pas bien fixé sur la valeur nutritive de la gélatine, que cependant elle contient en poids 50 pour 100 de matières azotées, et que des expériences prouvent qu'elle est décomposée dans l'organisme ; que le produit qu'il présente à la Société paraît être un isomère de la gélatine, mais plus facilement assimilable et digestif; qu'en tout cas, son principal mérite, en ce moment, est de remplacer les extraits de viande Liebig ou autres (qui n'existent plus) pour la confection des potages et pour animaliser les légumes secs, riz, etc., et de faciliter ainsi l'assimilation de ces principes.

M. le Président constate que l'utilisation, sous cette forme, des principes nutritifs contenus dans les os, est un service réel rendu à la défense et à l'industrie, et il remercie M. Badois de son intéressante communication.

M. le Président annonce que la Société va reprendre le cours de ses séances de quinzaine, les premier et troisième vendredis de chaque mois; la prochaine séance n'aura donc lieu que le vendredi 20 janvier.

MM. Bullot et Ponsard ont été reçus membres sociétaires, et MM. Jourdain et Le Cyre, membres associés.

Séance du 20 Janvier 1871.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 6 janvier est adopté.

M. le Président annonce que MM. Eugène Lebon et Orsat, membres de la Société, viennent d'être nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Yvon Villarceau adresse à la Société la Note suivante, dont il est donné lecture :

« Retenu chez moi pendant le premier mois du siége, par une indisposition, j'ai

fait une étude très-complète des mouvements oscillatoires des meules de moulin à blé horizontales, et à ma première sortie, j'en ai communiqué les résultats au Bureau des longitudes. (Séance du 19 octobre.)

Là, il m'a été dit que cette étude serait sans application aux besoins de la ville de Paris, attendu qu'on ne faisait usage que de meules verticales. Ces derniers jours, notre confrère, M. Callon, m'a appris que le plus grand nombre des moulins nouvellement installés ou en cours d'installation ont leurs meules horizontales.

En cette circonstance, je crois devoir porter à la connaissance de la Société, pour qu'on l'utilise au besoin, l'une des méthodes auxquelles j'ai été conduit, pour l'*équilibrage* des meules.

L'ouvrage de notre excellent professeur, M. Bellanger, contient des indications trop incomplètes sur les tâtonnements à l'aide desquels on résout la question ; d'autre part, il conseille d'employer quatre masses réglantes, dont on fait varier la hauteur du centre de gravité, jusqu'à ce que l'on obtienne le résultat voulu. Or, quand on a affaire à *une* seule variable, la méthode des tâtonnements conduit rapidement au but. Si les variables sont au nombre de *deux*, comme il faut combiner chacun des états de l'une des variables avec tous les états de l'autre, le nombre des tâtonnements commence à être très-gênant ; mais lorsqu'on doit considérer trois ou un plus grand nombre de variables, la méthode des tâtonnements devient à peu près impraticable, à moins que, par une grande expérience ou beaucoup de sagacité, l'opérateur ne parvienne à limiter considérablement le champ dans lequel les tâtonnements doivent être restreints. La solution exposée par M. Bellanger, dans son *Traité de Dynamique des Systèmes matériels* (page 186), laisse donc à désirer.

La méthode que je propose précise le genre d'observations à effectuer ; en outre, elle n'exige que l'emploi de *deux* masses réglantes au lieu de *quatre*, et la position de chacune d'elles peut être déterminée *séparément*, de manière qu'on n'ait affaire chaque fois qu'à *une* seule variable ; enfin, chaque détermination n'exige que deux expériences, et le calcul se réduit à celui d'une simple partie proportionnelle. Ajoutons que les *quatre* expériences peuvent se faire en *deux* opérations seulement, et que si l'on préférait remplacer une partie des expériences par un autre calcul que j'indiquerais volontiers, il suffirait d'une *seule* opération expérimentale pour résoudre le problème. La nouvelle méthode me paraît rentrer tout à fait dans la pratique habituelle des ingénieurs ; c'est ce qui m'encourage à la faire connaître.

EXPOSÉ DE LA MÉTHODE.

La face inférieure d'une meule horizontale de moulin à blé, sauf les rayures qui y sont pratiquées, peut être considérée comme plane : elle pivote autour d'un point que je nomme *point de suspension*. J'appelle *plan méridien* tout plan perpendiculaire à la face inférieure de la meule et passant par le point de suspension : la droite suivant laquelle se coupent les plans méridiens est l'axe de la meule.

Les trous dans lesquels sont placées les masses réglantes doivent être disposés de manière que le centre de gravité de chacune d'elles ne puisse se déplacer que suivant une même droite perpendiculaire à la face inférieure de la meule. Il faut que les plans méridiens contenant les centres de gravité des deux masses réglantes soient rectangulaires, et il convient de les orienter, s'il est possible, à 45° par rapport à l'axe transversal de l'anille.

Chaque masse réglante se compose d'une série de disques de bois et de métal :

pour plus de simplicité, je suppose qu'elle ne comprenne qu'un seul disque métallique; de manière qu'il suffit de considérer le déplacement de ce disque parallèlement à l'axe de la meule, déplacement qui se fera en plaçant, soit au-dessus, soit au-dessous, un ou plusieurs disques de bois, mais sans qu'il en résulte de changement dans la masse totale, une fois que l'équilibre *statique* aura été obtenu par les moyens en usage.

Réglage de la position de l'une des masses métalliques. — La meule étant équilibrée *au repos*, ou sa face inférieure étant horizontale en cet état : on placera la masse métallique dans une de ses positions limites, c'est-à-dire au fond du trou qui la contient, ou au-dessus des disques de bois, et l'on en notera la position relativement à la meule, en désignant par z son ordonnée parallèle à l'axe et comptée d'une origine quelconque prise sur la meule; on fixera un léger style sur le pourtour de la meule, de manière que sa pointe soit dans le même plan méridien que le centre de gravité de la masse métallique. Le style consistera, par exemple, en une petite pointe d'acier, vissée sur l'un des cercles de fer qui servent d'armature à la meule. On disposera une surface verticale fixe pour recevoir les impressions du style (un cylindre ou une plaque de bois).

Sur cette surface verticale, on notera, d'une manière *très-distincte*, la trace du style correspondant à l'état d'équilibre statique : cette trace servira d'origine aux ordonnées verticales des points que le style imprimera sur la surface dans les expériences suivantes : nous désignerons ces ordonnées par ξ.

La meule sera mise en mouvement avec une vitesse comparable à celle sous laquelle elle est destinée à fonctionner normalement, et sans précautions pour éviter les petites oscillations.

Il conviendra, dès que cette vitesse sera atteinte, d'abandonner la meule à elle-même, c'est-à-dire de faire cesser l'action motrice, de manière que les oscillations soient parfaitement libres. Alors on présentera la surface verticale pour recevoir les impressions du style, et on la maintiendra tant que la vitesse de la meule n'aura pas éprouvé de diminution trop sensible.

Les impressions produites sur la surface verticale présenteront des séries de traits qui se resserreront dans le voisinage des excursions limites du style, de manière que les ordonnées ξ maxima et minima resteront sans doute faciles à distinguer. Si le frottement et la résistance de l'air ne diminuaient pas l'amplitude des oscillations verticales du style, toutes les ordonnées maxima coïncideraient; il en serait de même de toutes les ordonnées minima, et l'on n'aurait à considérer pour les besoins du problème que la moyenne de ces ordonnées extrêmes que je désignerai par ξ'. Or, on obtiendra une ordonnée moyenne ξ' affranchie des effets du frottement et de la résistance de l'air, en considérant deux maxima consécutifs et le minimum intermédiaire, ou inversement; on prendra la moyenne des deux ordonnées maxima consécutives, puis ensuite la moyenne de cette moyenne ajoutée à l'ordonnée minimum intermédiaire, moyenne que je continuerai de désigner par ξ'. Il est clair que la même expérience permettra d'obtenir ainsi plusieurs valeurs de ξ' dont le degré de concordance servira à vérifier l'exactitude de l'opération, et que la moyenne de ces diverses moyennes, dans le cas où elles ne présenteraient pas de discordances trop grossières, fournira une meilleure détermination que chaque moyenne isolée.

Si les traits ainsi obtenus venaient à offrir une confusion telle que les maxima et minima successifs ne pussent être suffisamment distingués, il faudrait ou réduire

la durée de l'expérience, ou recourir à un autre procédé d'enregistrement. A la surface dont il a été question on pourrait substituer un disque vertical mobile autour d'un axe horizontal, et que l'on ferait tourner angulairement d'une petite quantité après chaque impression du style : il faudrait alors, pendant que la meule est au repos, recevoir l'impression du style en faisant faire au disque un tour entier, pendant lequel la trace du style décrirait une circonférence de cercle ; les ordonnées ξ auraient pour mesure la distance du trait obtenu pendant le mouvement de la meule à la circonférence décrite, distance qui serait prise positivement dans un sens et négativement dans le sens contraire.

Dans une seconde expérience, on placera la masse métallique réglante à la seconde de ses deux positions limites : la nouvelle ordonnée de cette masse étant censée mesurée, je désigne par Δz son excès sur la première ; cette seconde expérience fournira une nouvelle moyenne ξ', dont je désigne l'excès sur celle provenant de la première expérience par $\Delta \xi'$.

Si je désigne actuellement par δz la variation à faire subir à l'une ou l'autre des valeurs de z, pour obtenir le réglage de la position de la masse métallique j'aurai à calculer la partie proportionnelle

$$\delta z = -\frac{\Delta z}{\Delta \xi'}\,\xi',$$

ξ' étant la valeur correspondante à la valeur considérée de z. On effectuera le déplacement δz, en ayant égard, bien entendu, au signe de cette quantité, ce qui se fera en changeant convenablement les places des disques de bois. S'il arrivait que la place ainsi déterminée exigeât, soit d'approfondir les trous, soit d'élever la masse métallique au-dessus des disques de bois en laissant un vide dans l'intervalle, ce serait la preuve que la masse métallique est trop faible ; il faudrait alors l'augmenter et recommencer le travail : mais ce cas ne doit pas se présenter, l'expérience acquise ayant sans doute fixé la pratique sur ce point.

Telles sont les opérations et le simple calcul à effectuer pour déterminer la position à donner à l'une des masses réglantes.

Un ensemble d'opérations tout à fait pareil permettra de déterminer la position de la seconde masse.

Je ferai remarquer que si les extrémités des styles sont à égales distances de l'axe de la meule, et s'il en est de même des centres de gravité des deux masses réglantes, on devra trouver que les valeurs du rapport $\frac{\Delta z}{\Delta \xi'}$ correspondant à chacune d'elles seront égales : d'où résultera une vérification de l'ensemble des opérations. Si leur différence est assez faible pour pouvoir être imputée aux erreurs des observations, il sera préférable d'employer au calcul de δz, pour chacune des masses, une valeur commune de ce rapport, égale à la moyenne des deux valeurs obtenues.

On pourra remarquer encore que les opérations à effectuer pour les deux masses pourront être simultanées. Il suffira, pour cela, que les deux styles soient fixés à des niveaux assez différents, pour que les impressions produites par l'un ne puissent être confondues avec celles provenant de l'autre ; dans le cas des disques tournants, il faudrait en employer deux au lieu d'un seul.

Je tiens à la disposition de ceux que cela pourrait intéresser les formules qui permettraient de réduire à une seule, au lieu de deux, les opérations correspondantes à chacune des masses réglantes.

Enfin, si l'on tient à faire usage de quatre masses réglantes, dans le but, par exemple, de réduire leurs masses respectives, on ramènera la solution à la précédente, en déplaçant de quantités égales et de sens opposés les deux masses situées dans un même plan méridien : de cette manière chaque paire de masses n'introduit qu'une seule variable z, dont on détermine la correction δz, exactement comme si l'on n'avait affaire qu'à une masse unique. (M. Bellanger indique la convenance d'effectuer le déplacement des masses opposées en sens contraires.)

Les développements présentés dans cette Note pourront sembler trop étendus : en entrant dans des détails techniques, j'ai voulu éviter à ceux qu'elle pourra intéresser la perte du temps qu'il eut fallu consacrer à l'étude des dispositions préparatoires indispensables à toute nouvelle application de la science de l'ingénieur.

M. DAVID donne ensuite quelques renseignements sur l'affût de l'amiral Labrousse.

Le compte rendu très-remarquable que M. Faye a fait à l'Académie des sciences édifie complétement sur le but proposé et obtenu sur l'emploi de cet affût.

M. DAVID indique que sa communication ne peut, après celle de M. Faye, que compléter quelques détails de construction dans l'ensemble de l'appareil, notamment en ce qui touche les ressorts qui sont la base du système.

La force dynamique résultant de l'abaissement à $1^m,25$ et du recul pour un canon de 195 millim. pesant 8 tonnes, type de la *Joséphine*, peut varier d'après les calculs de l'amiral Labrousse de 12 à 16,000 kilogramètres, selon les charges.

Le problème consistait à placer des ressorts à couvert dans le châssis d'affût pouvant absorber cette force et l'emmagasiner pour le relevage de la pièce.

Ce problème a été résolu par l'application de deux jeux de chacun 100 couples environ de ressorts à rondelles, système Belleville, produisant 90 centimètres de course, soit un coefficient d'élasticité de 30 pour 100; leur charge d'applatissement étant de 18 à 20 tonnes, la moyenne de charge multipliée par la course nous donnait et au delà les 16,000 kilogramètres qui nous étaient nécessaires.

Les rondelles de ces ressorts ont d'abord été essayées à la presse hydraulique, dans les ateliers de la Compagnie du Nord, et ensuite essayées en chapelet par jeux complets dans les ateliers de M. Claparède.

Le fonctionnement pratique de ces ressorts a complétement répondu à l'attente. Ayant assisté plusieurs fois aux essais qui ont été faits à Vincennes, sur la pièce de 195 millim., *la Joséphine*, M. David a pu constater que les ressorts étaient bien en équilibre avec l'effort de renversement et rendaient au relevage la tension qu'ils avaient empruntée à la descente.

M. DAVID constate que le châssis d'affût était immuable au tir; de plus les ressorts produisant l'action de relevage et agissant sur le bras du levier du parallélogramme étant complètement masqués, on arrivait à se persuader, pour qui n'était pas au courant, que le canon de 8 tonnes était en bois ou en carton et ne figurait que comme forme.

Toutefois, pour opérer les évolutions montantes et descendantes sans secousses, et mettre, quelles que soient les charges, l'effort en rapport avec la résistance, l'amiral Labrousse a eu l'idée d'un frein agissant intérieurement, du tourillon du levier du parallélogramme; ce frein a complétement rempli le but et est on ne peut plus facile comme manœuvre, puisqu'il suffit d'une légère pression graduée sur un levier agis-

sant par une vis sur des coins pour modérer et équilibrer l'action modératrice du canon en équilibre avec les ressorts.

Le mouvement au châssis d'affût, pour obtenir le tir oblique, s'opère très-simplement par l'action d'une vis sans fin agissant sur un engrenage placé au centre du châssis d'affût, et les inclinaisons de tir vertical, par abaissement ou relevage, s'obtiennent par un pignon agissant sur un secteur à crémaillère placé à la culasse et ayant comme centre les tourillons du canon.

Le pointage a lieu au moyen de hausses et à couvert, c'est-à-dire, lorsque le canon est en bas de course, son relevage par l'articulation du parallélogramme s'opère naturellement parallèlement et sans aucune déviation.

Ainsi que l'a constaté M. Faye, dans son rapport à l'Académie, l'affût de l'amiral Labrousse présente des avantages incontestables comme application aux canons de marine et de siége.

Il permet le tir en barbette et à couvert sur des angles maximum de 30 à 40 degrés; il permet la suppression des sabords et embrasures, ce qui est d'une haute importance en raison de leurs dimensions actuelles nécessitées par la grosseur des pièces.

L'immobilité de l'affût permet de réduire d'au moins moitié les servants occupés dans le cas actuel à remettre la pièce en batterie.

Le poids de cet affût diffère peu de celui des affûts fixes ordinaires et est de plus de moitié au-dessous de celui de l'affût anglais Moncrief remplissant le même but, mais par l'action de contrepoids.

M. Bourdon donne ensuite quelques explications sur le modèle d'affût qu'il présente à la Société, et qui a été établi d'après les principes de celui de M. l'amiral Labrousse.

Un Membre demande si le pointage est aussi exact que quand la pièce est en barbette.

M. Bourdon répond que le parallélogramme permet de ramener la pièce parallèlement à elle-même. On a des hausses de très-grandes hauteurs; le pointeur seul est exposé.

M. Jordan indique, à ce sujet, que dans les pays étrangers on est revenu au tracé polygonal des fortifications, sans tracé bastionné, s'attachant principalement à battre l'ennemi au loin, tandis qu'en France on est resté [illegible]acé de Vauban, qui ne présente avantages que pour l'attaque de près.

Séance du 3 Février 1871.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 20 janvier est adopté.

M. le Président dépose sur le bureau, de la part de M. Dorré, membre de la Société, chef d'un bataillon de marche de la garde nationale de Seine-et-Oise, un obus à balle, prussien, qu'il a ramassé lui-même à Cachan.

Il remet également, de la part de M. Séverac, membre de la Société, les modèles et boîtes à noyau servant à la fabrication des obus de 7.

M. le Président fait part à la Société de la mort de M. Petiet; c'est la perte la plus considérable que la Société ait éprouvée. En attendant qu'une Notice biographique complète et digne de notre illustre collègue soit rédigée, le Président donne lecture du discours suivant qu'il a prononcé sur la tombe de M. Petiet, et dans lequel sont relatés brièvement les principaux travaux de cet Ingénieur.

« Au nom de la Société des Ingénieurs civils, dont Petiet fut l'un des fondateurs et l'un des plus illustres Membres, je viens à mon tour, en ma qualité de Président de cette Société, donner un dernier témoignage de sympathie à notre Collègue, et déplorer la perte immense qu'éprouve le génie civil.

« Élu plusieurs fois Président de la Société, Petiet en fut le plus ardent organisateur et le généreux bienfaiteur; c'est à son initiative et à ses efforts constants que cette Société doit en grande partie la notoriété et l'influence qu'elle s'est justement acquise.

« A peine sorti de l'École centrale, en 1832, comme premier élève, sous le rapport de la capacité et du numéro d'ordre, Petiet apparut dans le monde industriel à une époque à laquelle la profession d'ingénieur civil était presque inconnue, mais où elle devait prendre bien rapidement un grand essort, grâce à la transformation et au développement que l'emploi de la vapeur allait faire subir à la plupart de nos grandes industries; grâce aussi, il faut le dire, à la pépinière de jeunes ingénieurs que les Écoles centrale et des Arts et métiers mettaient à la disposition de ces industries.

« Je ne puis énumérer ici en détail, il faudrait un long Mémoire pour le faire, tous les travaux de l'éminent ingénieur; je me bornerai à rappeler en quelques mots les principaux.

« De 1835 à 1842, en collaboration avec Eugène Flachat, celui-ci aussi l'un des fondateurs de notre Société et du génie civil en France, Petiet s'occupa de la création et de la transformation d'un grand nombre d'usines métallurgiques dans l'Est et dans le Centre de la France; c'est grâce aux perfectionnements apportés par ces deux grands ingénieurs aux moteurs hydrauliques, à l'application des moteurs à

vapeur, et surtout à l'utilisation qu'ils ont su faire des chaleurs perdues, que l'industrie métallurgique a pris, dans ces contrées, un si grand et un si prompt développement. Ces deux ingénieurs ont aussi été des premiers à donner aux fers laminés ces formes variées qui ont tellement contribué à répandre l'emploi du fer dans toutes les constructions.

« Enfin, en ce qui concerne cette industrie, MM. Flachat, Petiet et Barrault ont publié, en 1845, un grand ouvrage sur la métallurgie du fer, fort apprécié.

« Dans le même intervalle, Petiet fut occupé à de nombreux travaux de toutes sortes, études et tracés de canaux, de chemins de fer, de docks, constructions d'ateliers, d'entrepôts, d'usines à gaz, etc.

« Appelé, en 1842, à diriger le service du matériel et de la traction sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), après la terrible catastrophe du Val-Fleury, il sut, par son énergie et son esprit d'équité, dégager la responsabilité de la Compagnie, et démontrer par suite de quelles fatales circonstances l'accident s'était produit.

« Après un court séjour au chemin de fer de la Rive gauche, dont l'exploitation n'offrait pas un champ suffisant à ses habitudes de travail, Petiet entra au chemin de fer du Nord, comme directeur de l'exploitation. Sur ce vaste théâtre, notre Collègue put déployer toute la science de l'ingénieur, l'habileté de l'administrateur et l'activité dévorante qui le caractérisait. Après avoir réuni les divers services de l'exploitation, du matériel et de la traction, vous savez tous à quel degré de prospérité le chemin du Nord est parvenu entre des mains aussi fermes, aussi habiles et aussi honnêtes. C'est à l'initiative de Petiet que l'on doit la création de ces trains nombreux et rapides, qui mettent en quelques heures Paris en communication avec Londres, avec Bruxelles, et avec tout le nord de l'Europe, et de ces énormes trains de marchandises, qui apportent à Paris les combustibles du Nord et de la Belgique, à des prix souvent inférieurs à ceux de la navigation. Puis lorsque, par suite de cette savante organisation, le trafic a acquis un tel développement que les machines deviennent insuffisantes, l'ingénieur n'hésite pas; il les remplace par de plus puissantes : c'est ce que Petiet a fait dans ces dernières années.

« En 1840, Petiet publia, avec M. Eugène Flachat, le *Guide du mécanicien, conducteur de locomotives*, qui est devenu plus tard, en collaboration avec MM. Lechâtelier et Polonceau, le *Guide du mécanicien, constructeur de locomotives*, ouvrage tout à fait classique sur cette partie de la grande industrie des chemins de fer.

« MM. Dumas et Pothier vous ont parlé, au nom de l'École centrale, de l'ancien élève dont la réputation avait acquise une telle notoriété qu'il devait nécessairement en devenir un jour l'habile directeur, et du camarade bienveillant et généreux, toujours disposé à rendre service et à venir en aide à ses collègues. M. le baron de Rotschild, président de la compagnie du Nord, vous a signalé les obligations qu'il doit à son dévoué collaborateur. — Associé autrefois aux travaux de Petiet, et aujourd'hui Président d'une Société à la prospérité de laquelle il a tant contribué, j'ai voulu aussi dire un dernier adieu à l'ami dévoué et à l'illustre ingénieur, et exprimer sur cette tombe les sentiments unanimes de regrets et de sympathie de tous les membres du génie civil. »

M. Jordan donne ensuite communication de son Mémoire sur les divers genres de projectiles; voir ce Mémoire, page 61.

Séance du 17 Février 1871.

Présidence de M. Vuillemin.

Le procès-verbal de la séance du 3 février est adopté.

M. le Président annonce que MM. Barbe, Caillot-Pinart et Plazanet, membres de la Société, viennent d'être nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Jordan continue la communication commencée dans la précédente séance, sur théorie des projectiles d'artillerie de diverses formes. Après avoir rappelé brièvement les considérations de mécanique relatives au mouvement d'un solide invariable, libre dans l'espace, et tournant autour de son centre de gravité, il entreprend l'étude de la trajectoire des projectiles oblongs dans l'air, d'après les travaux de M. le général major Mayevski, de l'artillerie russe, et explique la cause et les lois de la dérivation des obus lancés par les canons rayés.

M. Jordan examine ensuite comparativement, au double point de vue de la dérivation et de la justesse du tir, divers types de projectiles, savoir : les obus oblongs à ailettes de l'artillerie française, les projectiles Whitworth à six côtes hélicoïdales, le nouvel obus cylindrique des canons de 7, et les obus prussiens.

Il termine, en donnant rapidement la nomenclature des divers modèles de projectiles employés en 1870, par l'artillerie française, d'après le *Réglement officiel sur le service des bouches à feu*, nomenclature qui comprend :

5 modèles de boulets ronds (calibres 4, 6, 8, 12 et 16).
6 modèles d'obus ronds (8, 12, 15, 16, 22 et 22 centimètres).
1 modèle d'obus rond à balles (12 centimètres).
3 modèles de bombes (27 et 32 centim. et 32 centim. de côte).
4 modèles d'obus oblongs ordinaires (4, 8, 12 et 24).
4 modèles d'obus oblongs à balles (4, 8, 12 et 24).
7 modèles d'obus marins ogivo-cylindriques (calibre 30, 14, 16, 19, 22, 24 et 27 centimètres).
4 modèles de boulets marins de rupture (16, 19, 24 et 27 centimètres).
17 modèles de boîtes à mitraille.
4 modèles d'appareils Moisson.
3 modèles d'appareils à tige cannelée.
4 modèles de boîtes à boulets, à balles ou à caffuts.
5 modèles de balles en fonte.
1 modèle de balle en fer.
3 modèles de balles rondes en plomb.
1 modèle de balle ronde en zinc.

En tout 72 types différents de projectiles, sans compter ceux des armes portatives et des canons à balles (dits *mitrailleuses*).

M. JORDAN entretiendra ultérieurement la Société de la fabrication des projectiles et de leurs fusées, ainsi que M. le Président a bien voulu le lui demander.

Séance du 17 Mars 1871.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 17 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. Falies et Picard (Edmond) ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Deroide.

M. DEROIDE passe rapidement en revue les divers projets présentés par lui aux membres du Gouvernement de la défense nationale.

1° Le 7 septembre. La guerre nationale sans artillerie ni cavalerie, organisation de francs-tireurs.

Ce projet consistait, en outre, en une série de travaux proposés pour retarder la marche de l'ennemi sur les routes et les chemins de fer.

2° Le 10 septembre. Défense de la zone extérieure de Paris; installation de mines à explosions graduées avec trace invisible, en se servant des puits de maisons des villages situés sur les grandes routes avoisinant Paris.

3° Installation de feux électriques dans les forts et sur divers points de l'enceinte.

Ces projets, qui avaient en vue d'empêcher une attaque immédiate de vive force, n'ont pas été adoptés par le Gouvernement.

4° Le 15 septembre. Régularisation du tir de la garde nationale. Ce projet, adopté par le général Tamisier, avait pour but de familiariser la garde nationale avec l'emploi de la hausse.

5° Projet d'abris blindés pour la garde nationale. Ce projet ayant été adopté, un service a été organisé et 2817 mètres de ces abris ont été construits.

6° Organisation des bataillons auxiliaires du génie à la suite des trois armées que l'on avaient formées.

7° Projet relatif à la destruction des ponts de bateaux ennemis.

8° Direction des aérostats.

9° Enfin sur la nécessité de ne vernir les ballons qu'une fois gonflés pour les rendre plus étanches.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Deroide de sa communication; il ajoute qu'il est nécessaire que les ingénieurs civils continuent à s'occuper des diverses questions intéressant les moyens de défense, la fabrication des armes, etc.

M. LE PRÉSIDENT donne ensuite la parole à M. Brüll pour une communication sur la dynamite.

M. BRÜLL rappelle qu'il a eu à entretenir la Société déjà trois fois de la dynamite (séances du 6 mai 1870, du 28 octobre 1870 et du 9 décembre 1870). Il demande

encore aujourd'hui quelques minutes d'attention pour faire connaître les services que ce nouvel agent explosif a rendus pendant le siége de Paris, et indiquer les applications dont il est susceptible dans les travaux publics et l'exploitation des mines et des carrières.

C'est le comité scientifique de défense siégeant au ministère de l'instruction publique, et composé en grande partie de savants et de professeurs, qui accueillit le pre mier la proposition de fabriquer de la dynamite à Paris, pour l'employer à la défense. Et c'est la commission d'armement, formée de spécialistes et ressortissant du ministère des travaux publics, qui a procédé à l'exécution de ce programme.

Lorsque les deux fabriques installées à Paris furent en marche normale, et que les essais faits à Vincennes le 4 décembre eurent montré la bonne qualité et la grande puis sance du produit obtenu, M. Brüll proposa de s'employer à faire connaître la dynamite aux chefs de corps, aux officiers et aux troupes qui pourraient l'utiliser, à leur en indiquer les applications militaires, à leur en montrer l'emploi. Il entreprit ainsi avec quelques hommes de bonne volonté, recrutés parmi les canonniers volon taires sous ses ordres, de nombreuses séries d'essais pratiques, et aussi plusieurs expéditions militaires à la ferme de Groslay et au Drancy, au Moulin-de-Pierre, à Montretout et Buzenval.

C'est sur tout pour pratiquer des brèches que la dynamite est précieuse. Il suffit, en effet, pour abattre le mur de clôture le plus solide, de déposer au pied un saucisson en toile chargé de 3 à 4 kilogrammes par mètre courant, dont on produit l'explosion à l'aide d'une capsule fulminante et d'une mèche de mine. Sans autre préparatif, sans aucun bourrage, le mur est complétement rasé sur toute la longueur de la traînée de dynamite, et même à deux ou trois mètres au delà de chaque côté. Ce procédé a été appliqué sur le plateau d'Avron et sur les murs du parc de Buzenval, où, dans la matinée du 19 janvier, douze brèches ont été battues par les diverses troupes munies de dynamite et exercées à l'emploi de cette poudre.

On renverse facilement une petite maison en faisant détoner dans la salle basse un monceau de dynamite et en tenant fermées les portes et les fenêtres; c'est ainsi qu'on a détruit plusieurs maisons de gardes du chemin de fer de Soissons, qui servaie nt de postes à l'ennemi près de Groslay et du Drancy.

On abat un arbre de $1^{m},50$ de tour, en l'entourant d'un boyau en toile contenant 3 à 4 kilogrammes de dynamite. Ce moyen peut servir pour faire très-rapidement un abatis d'arbres pour la défense d'une route ou des abords d'une position.

Il avait été préparé des cartouches en fer-blanc pour l'enclouage des pièces de campagne et de siége en acier fondu, mais malheureusement on n'a trouvé dans aucune expédition l'occasion de les employer.

Enfin il a été fait emploi de la dynamite pour démasquer des batteries en démolissant des murs ou autres constructions, et pour ouvrir ou élargir des passages de communication.

Les essais de chargement des projectiles creux ont montré que pour les bombes et obus on obtenait, avec une charge de dynamite trois ou quatre fois moindre que la charge normale de poudre, un meilleur fractionnement et une plus grande force de projection.

La substitution de la dy namite à la poudre, permettant de réduire la capacité de la chambre intérieure, donne une section transversale moindre à un projectile de même poids et de mêmes effets destructeurs. De là, moindre résistance de l'air, et portée plus grande avec un plus petit calibre et un moindre poids de pièce. Mais,

pour recueillir ces avantages, il faut des modifications qui exigent une étude approfondie. On a donc réservé pour l'avenir cette intéressante question; on n'aurait pu tirer parti de la dynamite pour le chargement des projectiles, que si l'on en était venu à être obligé de ménager la poudre.

On a aussi employé la dynamite pour briser la glace et dégager toute une flottille de canonnières retenues par la gelée, en un point de la Seine où elle était inutile et exposée.

Ce travail a fort bien réussi, tant avec l'emploi de l'exploseur Breguet pour provoquer l'explosion, qu'avec la mise au feu à l'aide de mèches de mine. On a pu dégager ainsi près de deux kilomètres de longueur de glaces.

Au jour de l'armistice, M. Brüll suggéra à M. le ministre des travaux publics d'appliquer la dynamite à la destruction des arches de ponts tombées dans la Seine et dans nos autres fleuves. Plusieurs ingénieurs de la navigation ont admis l'emploi de ces procédés, et dès à présent le travail est commencé sur un pont en fonte et va être entrepris sur des arches en pierre et sur des poutres en tôle. Ces travaux délicats donnent lieu à l'emploi de moyens de détails variés, sur lesquels il est fourni des explications.

Sur une demande de M. le Président, M. Brüll dit que le prix de revient de la dynamite a été, à Paris, de 4 fr. 50 c. à 6 fr. suivant la qualité, mais que ce prix est trop élevé.

M. Maldant croit que la dynamite, fabriquée à Port-Vendres, revient à 3 francs le kilogramme.

M. Bianchi croit que la dynamite est une poudre trop brisante pour que son emploi se généralise dans l'exploitation des mines.

Les ingénieurs du Mont-Cenis, après avoir essayé cette matière, ont préféré la poudre comprimée.

M. Brüll est étonné que la dynamite n'ait pas réussi au Mont-Cenis.

Cette matière n'est pas applicable dans tous les cas : dans les roches tendres et dans les armes, il ne faut pas de poudres brisantes; mais dans les roches dures une poudre brisante, comme la dynamite, doit présenter de grands avantages.

M. Bianchi ajoute que, dans de grands transports, la nitroglycérine finit par se séparer et se réunit au fond des vases. Le transport présente alors les mêmes dangers que s'il s'agissait de nitroglycérine.

M. Brüll est chargé de garder une assez grande quantité de dynamite préparée depuis environ quatre mois; il n'a remarqué aucune séparation entre la matière absorbante et la nitroglycérine.

Il ajoute qu'il suffit de ne pas charger cette matière de toute la quantité de liquide qu'elle pourrait absorber.

M. le Président remercie M. Brüll de sa communication, qui complète les entretiens précédents sur ce sujet.

M. Brüll termine en conviant la Société à assister à des expériences qu'il fera pour elle, à la tête du pont de Clichy, rive gauche de la Seine, le dimanche 19 mars.

Nous donnons ici le résultat de ces expériences :

1re expérience. — Sur un madrier en chêne de 3 mètres de longueur, 22 centimètres de largeur et 8 centimètres d'épaisseur, il a été placé un sac en toile contenant 60 grammes de dynamite. Le madrier a été brisé en deux, il y avait plusieurs éclats.

2e expérience. — Sur un madrier en chêne de 2m.90 de longueur, 22 cent. de

largeur et 8 cent. d'épaisseur, il a été mis une traînée de dynamite de 400 grammes environ. Le madrier a été brisé et fendu dans la moitié de sa longueur, l'autre moitié de la traverse a été dispersée par l'explosion.

3e EXPÉRIENCE. — Sur un pavé en grès de 20 cent., sur 20 cent. et 30 cent. d'épaisseur, il a été placé environ 50 grammes de dynamite; le pavé a été brisé et pulvérisé complétement.

4e EXPÉRIENCE. — Sur une pierre de roche à peu près cubique de 50 à 60 cent. en chaque sens, il a été pratiqué, suivant un des axes, un trou de 27 m/m de diamètre sur 26 cent. de profondeur, contenant environ 60 grammes de dynamite. La pierre a été pulvérisée.

5e EXPÉRIENCE. — Sur une pierre de taille de 70 cent. de longueur, 60 cent. de largeur sur 25 cent. d'épaisseur, il avait été pratiqué un trou dans le milieu de 20 cent. de profondeur, sur 25 m/m de diamètre et contenant 60 grammes de dynamite. La pierre a été pulvérisée.

6e EXPÉRIENCE.— Sur un fer à double T de 2m.50 de longueur, 20.6 de hauteur et 16 m/m d'épaisseur d'âme, il a été appliqué contre l'âme au milieu de la longueur un sac de dynamite contenant 1k.500. Le fer a été brisé en deux morceaux et plusieurs éclats.

7e EXPÉRIENCE. — Un massiau en fer corroyé de 1m.20 de longueur et de 120 m/m sur 120 m/m, supporté sur deux pierres de taille, a été entouré au milieu par un boudin de dynamite, contenant environ 3 kilogrammes. Le massiau avait complétement disparu ; il a été retrouvé, à quelque distance, coupé en deux. Les pierres qui le soutenaient ont été en grande partie broyées.

8e EXPÉRIENCE. — Sur un saule ayant 1m.50 de tour, il a été posé à environ 2 mètres du sol un boudin contenant 3 kilogrammes de dynamite; l'arbre a été coupé net à la section.

9e EXPÉRIENCE. — Sur une plaque de retombée du pont, il a été posé à plat 2k.700 de dynamite ; ce support a été brisé avec éclats.

10e EXPÉRIENCE. — Il a été disposé sous l'eau une pierre de 55 cent. de long sur 35 cent. de large et 60 cent. d'épaisseur; la pierre a été placée à 40 cent. sous l'eau; il a été posé un sac contenant à peu près 800 grammes de dynamite. La pierre a été broyée, la planche qui la soutenait réduite en morceaux, et l'explosion a produit la projection d'une forte colonne d'eau qui s'est élevée à une hauteur de 25 mètres environ.

NOTES DIVERSES

A PROPOS DE LA FABRICATION

DES PROJECTILES DE L'ARTILLERIE

PAR M. S. JORDAN

AVANT-PROPOS

En me préparant à entretenir la Société des Ingénieurs civils, ainsi que notre honorable Président a bien voulu me le demander, de la fabrication des divers projectiles, je me suis trouvé conduit à l'étude de quelques points théoriques qui se rattachaient à mon sujet. La nouveauté des faits et des discussions a excité ma curiosité, et j'ai voulu pénétrer plus avant dans certaines questions intéressantes : par exemple, comprendre les causes et les lois de cette déviation singulière des projectiles lancés avec des canons rayés, qu'on a appelée la *dérivation*. J'ai éprouvé des difficultés assez grandes pour réunir les renseignements nécessaires à une étude nouvelle pour moi, d'autant plus que les artilleurs français écrivent peu, et qu'il m'a fallu chercher ces renseignements surtout dans des Mémoires étrangers, notamment dans ceux qu'a reproduits la *Revue de technologie militaire* belge. L'investissement de Paris augmentait du reste ces difficultés en restreignant le nombre des ouvrages possibles à consulter.

Quoi qu'il en soit, j'ai voulu conserver les résultats de mes recherches par la rédaction d'un résumé que j'offre à la Société des Ingénieurs civils. Mon désir en publiant cette note, qui n'est presque qu'une compilation raisonnée, est d'épargner le même travail aux Ingénieurs civils qui s'occuperont, maintenant ou plus tard, de la construction du matériel d'artillerie, construction qui restera, je l'espère bien, pour une part importante dans le domaine de l'industrie privée. Sans parler d'autres pays, la

Prusse nous a donné un exemple que nous ferons bien de suivre, et j'engagerais certains de nos généraux d'artillerie à méditer la conclusion d'un rapport officiel relatif à des expériences faites, en 1868, sur des canons en acier fondu fabriqués à Essen chez M. Krupp. La voici :

« L'artillerie russe pouvait seule du reste arriver à ces résultats, car l'accord le plus parfait existait entre elle et l'usine de M. Krupp où les canons se fabriquaient.

« Cette entente était le moyen le plus sûr d'obtenir de bons résultats; car les officiers d'artillerie ne peuvent posséder, au même degré que le personnel de l'usine, les connaissances pratiques et techniques, l'expérience et l'appréciation des propriétés du métal des canons. Ils ne peuvent avoir, sous ce rapport, que des connaissances générales plus ou moins superficielles. De son côté, le personnel de l'usine ne peut connaître les conditions nécessaires à l'artillerie pour la pratique de la guerre. »

Je termine cet avant-propos par une observation qui résume la première partie de mon travail.

L'étude du projectile doit toujours précéder celle du canon destiné à le lancer. L'effet utile et la précision du tir à grande distance dépendent surtout de la forme du projectile et de la distribution de la matière dont il est composé. Une fois arrêté le projet d'un projectile propre à décrire avec précision une trajectoire donnée, on imaginera aisément le canon propre à lui fournir la vitesse initiale nécessaire.

PREMIÈRE PARTIE.

DES FORMES ET DES TRAJECTOIRES DES PROJECTILES.

CHAPITRE PREMIER.

Projectiles ronds.

Boulets, bombes, obus, etc. — L'ancien boulet rond est abandonné par l'artillerie française; cependant son matériel actuel comprend encore, d'après les derniers règlements [1], le boulet rond de 6 kilog. destiné au canon-obusier de 12 (parc de réserve en campagne) et le boulet rond de 8 kilog. destiné aux pièces lisses de place de 16. Outre les boulets, l'artillerie emploie encore, pour les boîtes à mitraille, des *balles* rondes en fonte de diverses dimensions.

Les projectiles creux de forme sphérique sont plus usités chez nous, depuis les *bombes* de 32 centimètres de diamètre et les *obus* de 22 centimètres jusqu'aux *grenades* de 8 centimètres [2].

Autrefois on fabriquait des grenades de 2 pouces (54 millimètres) de diamètre qui étaient lancées à la main par les *grenadiers;* ce sont les plus petits projectiles creux qui aient été fabriqués. Les plus gros sont des bombes qui ont été fondues en Angleterre, et lancées à une distance de 2,400 mètres, avec une charge de 31 kil. 7 de poudre, par les mortiers monstres en fer forgé de M. Mallet, essayés à Plumstead en 1857; elles ont 90 centimètres de diamètre environ, pèsent vides 1250 kilog. environ, et peuvent contenir 180 kilog. de poudre; elles figuraient à la porte de l'exposition d'artillerie anglaise en 1867.

Quant aux gros boulets pleins, c'est le moment de dire quelques mots d'une question qui a préoccupé, il y a quelques années, les artilleurs et les marins, et sur laquelle j'ai trouvé des renseignements dans la *Revue de technologie militaire* belge.

Gros boulets sphériques. — A l'époque où, en Europe, on ne songeait qu'aux canons rayés, on a vu les Américains du Nord fabriquer de nouveaux canons à âme lisse (et, qui plus est, en fonte de fer). Il est vrai que ces canons étaient d'une puissance et d'un calibre jusqu'alors

1. En date du 17 avril 1869.
2. Voir, pl. 21, fig. 1, un exemple de bombe.

inconnus, et constituaient une innovation considérable dans l'armement des côtes et des vaisseaux. C'est qu'en effet le travail d'un projectile sur un obstacle, maçonnerie ou blindage, comporte deux effets distincts : un *effet local* et un *effet général*. Le premier consiste à pénétrer dans la paroi, le second à ébranler et à disloquer cette paroi et les parties sous-jacentes. Pour une quantité de travail donnée, l'effet général augmente avec la masse du projectile, et l'effet local avec sa vitesse. De là deux manières d'attaquer les cuirasses : 1° *Avec des projectiles très-lourds animés d'une vitesse moyenne;* 2° *Avec des projectiles d'un poids moyen animés d'une grande vitesse*. Mais il ne suffit pas d'ébranler ou de déformer les cuirasses, il faut avant tout les percer. Les Anglais s'y sont surtout appliqués. Pour percer une plaque, par exemple, il faut non-seulement une grande vitesse; il faut encore que la masse du projectile soit en rapport avec la résistance à vaincre : car la vitesse possible à donner étant forcément limitée, si la quantité de travail emmagasinée ne suffit pas au travail à faire, il faut bien augmenter la masse. De là, la nécessité de proportionner le calibre des pièces à l'épaisseur des cuirasses. On augmente souvent notablement l'effet local par la forme du projectile : tel est le cas des *projectiles poinçons à tête plate*, systèmes Whitworth et autres.

Les expériences faites par les Anglais ont montré que le boulet sphérique a l'avantage sur les projectiles allongés jusqu'à une certaine distance, parce qu'on peut toujours lui donner une vitesse initiale plus grande à calibre égal, et que l'effet local diminue rapidement quand on augmente la masse du projectile aux dépens de sa vitesse.

MM. Armstrong et Whitworth se sont surtout préoccupés de l'effet local. Les Américains ont suivi une voie différente. Ne se contentant pas de faire dans les cuirasses des trous ronds, ils ont cherché à combiner l'effet local *nécessaire* avec le plus grand effet général *possible*, afin de produire des effets de destruction décisifs. Pour cela, il fallait non-seulement une *grande vitesse*, mais il fallait aussi une *grande masse*, c'est-à-dire un *grand calibre*. Le projectile sphérique ayant sur l'oblong de même calibre l'avantage d'une plus grande vitesse initiale, et sur l'oblong du même poids l'avantage de faire des trous plus grands et plus irréguliers, l'artillerie américaine a adopté le canon lisse pour combattre les navires cuirassés. Dans une expérience remontant à 1865, un boulet rond de 15″ (37 ½ cent.) pesant 180 kilog. environ, lancé par 27 kilog. environ de poudre avec une vitesse initiale de 451 mètres, a percé, à 50 mètres, une cuirasse composée d'une plaque Petin-Gaudet, de 15 cent. et de 76 cent. de bois de chêne. Avec le canon de 20″ (50 cent.) lançant un boulet de 450 kilogrammes, les Américains comptent désemparer n'importe quel navire cuirassé [1].

Les Anglais semblent les suivre dans cette voie; car à l'exposition de

1. Voir pl. 21, fig. 2.

1867 on voyait un boulet rond en acier fondu et martelé fabriqué à Sheffield, ayant 508 millim. de diamètre, pesant 524 kilog. et figurant dans le matériel d'artillerie, sans parler d'autres boulets ronds plus petits.

Tir des projectiles ronds. — On sait que les boulets ou obus ronds se tirent en plaçant d'abord au fond de l'âme de la pièce, qu'elle soit ou non chambrée, une charge de poudre contenue dans un *sachet* en laine ou une *gargousse* en papier (suivant que la pièce est de campagne ou de place); puis, par-dessus la charge, un *sabot* en bois tourné (quelquefois en carton)[1] qui se raccorde avec la sphéricité du projectile placé en dernier lieu et assuré au moyen du refouloir de l'écouvillon. Le pointeur crève le sachet en introduisant un *dégorgeoir* par la lumière, et le pointeur-servant introduit l'étoupille et fait feu.

Le centre de gravité du projectile sorti de la pièce décrit dans l'espace une trajectoire courbe. Galilée, en 1638, démontra que celle-ci était une parabole à axe vertical; il ne tenait pas compte de la résistance de l'air. Plus tard, en 1710, Newton fit voir que cette résistance, qui, d'après lui, était proportionnelle au carré de la vitesse, empêchait que la trajectoire fût symétrique et que l'angle de chute devait être toujours plus grand que l'angle de tir. On s'est beaucoup occupé, depuis, de la résistance de l'air et de son évaluation; d'après les expériences les plus récentes, celles de MM. Hélie en France et Bashford en Angleterre, on doit admettre qu'elle est proportionnelle au cube de la vitesse et qu'on a :

$$\rho = \beta v^3,$$

β étant un coefficient fonction de la forme, du poids et des dimensions du projectile, de la température et de la pression atmosphérique, etc.

Divers auteurs ont donné des équations de la trajectoire; je n'en reproduirai aucune, et je dirai seulement qu'elle paraît être une courbe à équation transcendante, présentant deux asymptotes : l'une d'autant plus rapprochée de l'axe de l'âme que la vitesse initiale est plus grande, et l'autre verticale. Le boulet en effet, s'il était lancé d'un point très-élevé et s'il ne rencontrait pas auparavant le sol, perdrait toute sa vitesse initiale et finirait par tomber verticalement[2]. On a aussi donné des formules qui permettent de calculer la portée horizontale du projectile en fonction de l'angle de tir et de la vitesse initiale.

1. Pour les boulets pleins des pièces de siége et de place, le sabot est remplacé par un bouchon en foin. Pour les pièces de campagne, la charge complète est préparée d'avance et forme une *cartouche*, le sachet, le sabot et le projectile étant attachés ensemble.

2. On a pu remarquer des effets analogues pendant le bombardement de Paris pour les projectiles venant des batteries de Châtillon, supérieures de plus de 150 mètres au sol des quartiers de la rive gauche, et tombant à fin de course, depuis le sommet de leur trajectoire, d'une hauteur considérable.

Il semble donc que le tir des projectiles ronds est très-facile à régler. Mais, en consultant les tables de tir, on voit que pour le boulet de 16 pesant 8 kilog., qui, lancé par une charge au tiers, atteint une vitesse initiale de 505 mètres, on ne peut tirer avec un peu de justesse au delà de 1200 mètres, la portée totale sous l'angle de 40° environ dépassant cependant 4 000 mètres. Il se produit en effet des déviations énormes du projectile hors du plan de tir, qui empêchent toute précision.

Dès 1500, Léonard de Vinci posait en principe que, lorsque les centres de gravité et de figure d'une balle de plomb ne coïncident pas, la balle doit éprouver une déviation. Plus tard, en 1742, l'illustre physicien anglais Robins déclarait que la force déviatrice était engendrée par la rotation du projectile. Malheureusement pour les progrès de l'artillerie, Euler, à la même époque (1745), avec la grande autorité attachée à son nom, déconsidérait les idées de Robins auprès de la plupart des artilleurs. Cependant, parmi les compatriotes d'Euler même, il s'en trouvait qui ne s'étaient pas laissé abuser par ses critiques de Robins, et dans un traité d'artillerie, publié en 1789 par Luther, capitaine saxon, on trouve, dit-on, la théorie de l'équilibrage et de l'excentricité des projectiles.

On sait maintenant que les écarts de direction proviennent surtout en effet de la rotation du boulet due à un défaut de coïncidence du centre de gravité avec le centre de figure. L'existence du *vent* (qui est de 3 1/2 mil. dans le canon lisse de 16), c'est-à-dire des fuites excentriques de gaz entre l'âme et le boulet, les frottements et les *battements* ou ricochets intérieurs qu'elles entraînent, causent aussi des écarts soit horizontaux, soit verticaux, dans l'*angle de départ* qui n'est plus égal à l'angle de tir. Le projectile au sortir de l'âme est animé d'un double mouvement de rotation et de translation, et ce dernier a une direction qui ne se confond pas toujours avec l'axe du canon. Le mouvement de rotation commence-t-il dans l'âme même ou subitement au sortir de la bouche, le boulet ayant parcouru l'âme en glissant? Les avis paraissent partagés; mais la cause de la rotation est toujours la même. L'hémisphère le plus léger commence le premier son mouvement dans le sens de l'impulsion des gaz, dont la résultante passe au centre de figure (abstraction faite du vent), tandis que, par suite de l'inertie, l'hémisphère où se trouve le centre de gravité se met en mouvement le dernier [1] : de là une rotation dont le sens est déterminé par les positions relatives des deux centres dans l'âme. L'excentricité d'un boulet plein est forcément bien faible : elle suffit cependant pour déterminer souvent une rotation de plus de 10 et 15 tours par seconde, et on a vu des boulets n'ayant plus de vitesse initiale de translation continuer leur course en roulant sur le sol et produire encore des effets très-dangereux soit de choc, soit de ricochet, par suite

1. Voir pl. 21, fig. 3.

de leur vitesse de rotation qui se conserve beaucoup plus longtemps que l'autre. La vitesse de rotation augmente avec l'excentricité.

On se rend compte aisément de la déviation que cause cette rotation du projectile. Supposons, en effet, que l'hémisphère supérieur du boulet tourne d'arrière en avant autour d'un axe horizontal[1] : l'air, condensé ou non, que frappe l'avant du boulet s'écoulera sans difficulté en dessous, puisque la direction de son mouvement est la même que celle de la couche d'air superficielle entraînée par la rotation ; il y aura appel d'air, *dépression*, plus ou moins énergique, au-dessous du boulet. Au-dessus, au contraire, il y aura choc entre l'air frappé et l'air entraîné, et par suite remous et *pression*. Le centre de gravité du projectile s'abaissera au-dessous de sa trajectoire normale. On verrait de même que le centre de gravité déviera en dessus lorsque la rotation aura lieu d'avant en arrière, mais encore sans sortir du plan de tir. Si l'axe de rotation est vertical, le boulet déviera hors du plan de tir : à droite, si son avant tourne de gauche à droite ; à gauche, si l'avant tourne de droite à gauche. Si l'axe de rotation était supposé parallèle au mouvement de translation, il n'y aurait de déviations, ni en dessus, ni en dessous, ni à droite, ni à gauche. Mais toutes les fois que cet axe fera un angle avec la direction du mouvement de translation, il y aura une déviation plus ou moins considérable due à la cause que je viens d'exposer. La déviation hors du plan de tir sera faible lorsque l'axe situé dans le plan du tir fera avec la tangente à la trajectoire un angle faible, et la plus grande possible lorsque cet axe sera perpendiculaire à cette tangente. Il y aura aussi déviation hors du plan lorsque l'axe sera hors du plan et incliné sur l'horizontale perpendiculaire à ce plan ; elle augmentera avec l'inclinaison sur l'horizontale. Toutes les déviations augmenteront du reste avec la vitesse de rotation. Les déductions théoriques qui précèdent ont été confirmées par les belles expériences de physique du docteur Magnus[2], de telle sorte qu'il n'y a plus à douter de leur exactitude. L'illustre Poisson, qui avait cherché à expliquer les déviations dues à la rotation des projectiles par des considérations de frottement, s'était complétement trompé en arrivant à démontrer que la déviation devait avoir lieu du côté opposé à celui où elle a lieu réellement.

Projectiles équilibrés.—Pour éviter les déviations, on a cherché à fabriquer des projectiles parfaitement sphériques et homogènes, et dans lesquels le centre de gravité coïncide avec le centre de figure ; mais c'est pratiquement impossible. Puis on a imaginé des appareils (*excentrimètres*) pour déterminer la position et l'excentricité du centre de gravité, et on

1. Voir pl. 21, fig. 4.

2. Voir *Discussions de l'Académie royale de Berlin*, 1852 ; ou *Revue de technologie militaire*, tome I, 1854.

s'est contenté de placer dans la cartouche la ligne des centres de figure et de gravité (dite *axe d'équilibre*) suivant la direction de l'axe du canon, de manière que l'hémisphère le plus léger se trouve en avant, et qu'il ne se produise pas de mouvement de rotation. Mais on réussit toujours assez mal, quoi qu'on fasse, à cause de l'obliquité du choc des gaz de la poudre dans le tir.

Ne pouvant empêcher la rotation, on a cherché et réussi à produire un mouvement déterminé à l'avance en direction et en intensité [1].

Projectiles excentriques. — C'est un artilleur belge, M. Bormann, qui a rendu pratique l'emploi des projectiles artificiellement excentriques avec lesquels on obtient une rotation autour d'un axe horizontal perpendiculaire au plan de tir. Voici, d'après la *Revue de technologie militaire* belge, 1857, le résumé d'un mémoire du colonel Bormann, autographié en 1843.

Lorsqu'on tire plusieurs fois de suite un même projectile excentrique et sphérique, autant que possible dans les mêmes circonstances, mais en plaçant le projectile au fond de l'âme de manière à ce que son centre de gravité y occupe une position déterminée pour chaque coup, on obtient d'une manière régulière et constante les résultats suivants :

Lorsque le centre de gravité est placé aussi exactement que possible verticalement au-dessous du centre de figure, la portée est la plus petite et la déviation latérale à peu près nulle.

Lorsque le centre de gravité est placé à très-peu près verticalement au-dessus du centre de figure, la portée est la plus grande et la déviation latérale presqu'aussi faible que dans le premier cas.

Lorsque le centre de gravité est placé latéralement, l'axe d'équilibre étant horizontal et perpendiculaire à l'axe de l'âme, la portée est intermédiaire entre celles qu'on obtient dans les deux premiers cas, et la déviation latérale est un maximum ; elle a lieu vers la droite, lorsque le centre de gravité a été placé à droite, et vers la gauche, lorsque le centre de gravité est mis à gauche du centre de figure.

Les autres positions initiales du projectile produisent des déviations latérales et des portées régulièrement comprises entre ces quatre limites.

De nombreux essais ont été faits en Belgique et en Prusse sur les *obus excentriques*, qui sont fabriqués de façon que le vide intérieur n'ait pas son contour parallèle à celui de la surface extérieure. Ils ont prouvé qu'une excentricité de 1/240 du diamètre suffit déjà pour assurer la rotation. Celle-ci augmente très-rapidement de vitesse avec la longueur d'âme de la bouche à feu (1 à 6 tours par seconde avec des mortiers, 16 et plus avec des canons obusiers). Ces projectiles sont encore en usage dans l'artillerie prussienne qui utilise dans le tir de siége leurs

1. Pour les balles de fusil, on a essayé de leur planter un clou formant queue directrice en arrière et fonctionnant comme obstacle à la rotation.

propriétés ricochantes, et qui s'en est servi dans les siéges de Strasbourg et de Paris en 1870-1871. Les artilleurs prussiens appellent *ligne des pôles* le diamètre qui passe par les centres des deux surfaces intérieure et extérieure, et qui va du pôle de l'hémisphère le plus lourd à celui de l'hémisphère le plus léger; ce dernier point est indiqué par l'extrémité d'une flèche tracée sur le projectile, et il est distant de 90° de l'œil dont l'axe est située dans le plan diamétral des deux surfaces. Ils appellent *méridiens* les plans passant par l'axe de l'œil de l'obus.

Ainsi que le dit la traduction française de l'ouvrage du capitaine Schott sur l'armement prussien, l'expérience prouve que les projectiles de cette nature prennent dans le tir une rotation dont l'axe est une ligne menée par le centre de gravité normalement au plan méridien correspondant. Comme les deux parties du projectile séparées par le plan passant par l'axe et perpendiculaire à la ligne des pôles sont inégales, la plus grande déplace une plus grande masse d'air que la plus petite, ce qui explique l'augmentation de déviation observée pour ces projectiles. En chargeant, on dispose le centre de gravité dans le plan de tir, soit au-dessus, soit au-dessous du centre de gravité, mais toujours verticalement. Dans le premier cas, les portées sont augmentées; dans le second, elles sont diminuées (à moins toutefois que l'angle de tir ne soit supérieur à 45°; c'est alors l'inverse qui se produit).

La vitesse et la stabilité de l'obus croissent avec l'excentricité; on rend celle-ci aussi grande que possible sans trop affaiblir la paroi, en adoptant une forme ellipsoïdale pour la cavité intérieure [1].

D'après les expériences de l'artillerie prussienne, l'obus excentrique présente une justesse notablement plus grande que celle des projectiles ordinaires; suivant la position du centre de gravité, les portées sont très-différentes. Ainsi l'obusier de 7 livres, tiré à la charge de 1 1/4 livre, angle 2° 1/10, donne une portée de 500 pas, lorsque le centre de gravité est en bas, et de 1300 pas dans le cas inverse. Le canon de 12 court, à la charge de 19/10 livre, porte à 2 000 pas sous l'angle de 2° 1/2, quand le centre de gravité est le plus haut possible, tandis qu'il faut tirer sous 12° 1/2 pour obtenir une portée égale quand le centre de gravité est au-dessus du centre de figure.

Par suite de la vitesse de rotation de ces obus, il peut arriver, avec des portées suffisantes, que, dans la trajectoire de ces projectiles tirés avec le centre de gravité en-dessus du centre de figure, la branche descendante soit plus tendue et moins inclinée que la branche ascendante. Ainsi l'obus excentrique du canon de 12 court, tiré de cette manière à 1800 pas, a un angle de chute de 1° 15/16, tandis que l'angle de tir est de 2° 5/16. La balistique de Roerdansz explique ce fait de la façon suivante : la vitesse de translation diminue par suite de la résistance de

1. Voir pl. 21, fig. 5.

l'air plus vite que la vitesse de rotation. Il en résulte que, dans la branche descendante de la trajectoire, le nombre de révolutions de l'obus est plus grand pour la même longueur de chemin parcouru que dans la branche ascendante; d'où il suit que la composante verticale de la résistance de l'air peut être plus considérable dans la seconde moitié de la trajectoire que dans la première.

Les diverses irrégularités dues à l'existence du vent influencent du reste essentiellement le tir des projectiles excentriques.

Pour pouvoir placer le projectile excentrique à fond d'âme exactement dans la position voulue, on a ménagé de chaque côté de l'œil, dans le plan méridien qui passe par la ligne des pôles, deux cavités destinées à recevoir deux chevilles en fer fixées dans le godet du refouloir; la hampe de celui-ci porte une ligne en cuivre suivant une génératrice passant par l'axe des deux chevilles, et on peut maintenir cette ligne en dessus au moyen d'un repère dans le plan vertical passant par l'axe, en enfonçant le projectile.

Mais on conçoit que cette manœuvre, réellement pratique pour le tir de siége ou d'école, est impossible en campagne, même à des artilleurs aussi calmes et aussi exacts que les soldats prussiens.

Projectiles discoïdes. — L'absence de déviation causée par la rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de tir et la grande stabilité de cet axe, lorsqu'il correspond au moment d'inertie maximum du projectile, ont séduit quelques inventeurs qui ont proposé des boulets et obus ayant la forme de disques ou de roulettes à axe horizontal, forme de projectile qui éprouve, pour la même section transversale comme pour le même poids, moins de résistance de la part de l'air que la forme sphérique. On pourrait donner à la fois le mouvement de translation et celui de rotation au moyen d'une charge placée dans une chambre excentrique à l'âme de la pièce[1]; ou bien encore lancer le projectile à la façon ordinaire en fixant contre la tranche de la bouche, à la partie supérieure, une traverse mobile qu'il heurtera et brisera à chaque coup en prenant de ce chef une rotation de bas en haut[2]. J'ignore si ces moyens proposés ont été essayés; en voici deux autres qui ont eu les honneurs de l'épreuve pratique.

Le *projectile disque excentrique* du commandant belge de Puydt a la forme qu'indique la fig. 8, pl. 21. Il se tire dans une bouche à feu ayant une section correspondante, et pèse 3k.17. Voici, d'après M. Delobel, un résultat des essais qui ont eu lieu en 1857 au polygone de Brasschaet. Un disque pesant 3k.16, rendu excentrique au moyen d'un culot de plomb et tiré sans sabot, à la charge du tiers et sous un angle de 1°, dans un canon de 12 dont l'âme avait été appropriée, a fourni une portée de

1. Voir pl. 21, fig. 6.
2. Voir pl. 21, fig. 7.

plein fouet de 2 700 mètres, soit donc plus que quadruple de celle du boulet ordinaire de 12 lancé sous l'angle de tir de 1° (celui du but en blanc); la déviation latérale de ce disque a été presque nulle, et son espace battu, vu la roideur de la trajectoire, avait une étendue sans exemple dans aucune espèce de tir. Malheureusement ces projectiles paraissent faciliter les battements et les arc-boutements, et plusieurs se sont brisés dans l'âme pendant les essais.

En Italie, le colonel sarde de Saint-Robert a proposé, en 1857, un *projectile lenticulaire* à section ogivale qu'il lancerait avec une bouche à feu à âme correspondante [1]. Il lui donnerait le mouvement de rotation au moyen d'une certaine courbure de l'âme; grâce à la force centrifuge, une très-faible courbure suffit pour donner une grande vitesse de rotation. (Pour un canon de 6, un rayon de courbure de 7 mètres avec une flèche de moins de 4 centimètres donnerait, d'après le calcul, une vitesse de 100 tours par seconde.) Si la concavité de l'âme regarde le sol, l'avant du projectile tournera de bas en haut et la portée sera augmentée, sans qu'il y ait déviation hors du plan de tir.

En tournant la pièce de manière à rendre horizontal le grand axe du disque et vertical l'axe de rotation, on pourrait obtenir un excellent tir à ricochet, surtout sur l'eau; mais alors il y aurait une déviation latérale et le pointage deviendrait impossible.

Je ne crois pas que l'idée ingénieuse, mais peu pratique, du colonel sarde ait été mise à l'essai; mais j'ai voulu la citer ici, ainsi que celle du commandant de Puydt, parce qu'elles viennent à l'appui de la théorie qui m'occupe. Je ferai remarquer, en terminant ce chapitre, que les projectiles tournants étudiés jusqu'à présent doivent leur mouvement de rotation à eux-mêmes et non pas à la bouche à feu qui les lance, sauf le boulet lenticulaire de M. de Saint-Robert.

CHAPITRE II.

Projectiles oblongs pour canons lisses.

Digression de mécanique rationnelle. — Lorsqu'un solide invariable, de forme quelconque, est lancé librement dans l'espace, on sait que son mouvement peut être toujours décomposé en deux, savoir : un mouvement de translation et un mouvement de rotation. Le mouvement de translation a lieu comme si toutes les forces agissantes étaient appliquées au centre de gravité qui se déplace suivant une trajectoire déterminée par la vitesse initiale et par les forces modificatrices. La rotation a lieu autour du centre de gravité comme s'il était fixe; à chaque instant con-

1. Voir pl. 21, fig. 9.

sidéré, elle s'effectue comme si elle avait lieu autour d'un axe de rotation passant par ce point et changeant sans cesse, c'est-à-dire autour d'un *axe instantané*.

On sait que, parmi les axes en nombre infini qui passent au centre de gravité, il en est trois qui jouissent de propriétés spéciales, parce qu'un certain nombre des moments des forces appliquées s'y neutralisent : ce sont les *axes principaux* du solide. Deux seulement de ces axes intéressent dans le cas actuel : ce sont l'*axe majeur* pour lequel le moment total d'inertie est maximum, et l'*axe mineur* pour lequel ce moment est minimum.

La rotation autour de l'un d'eux présente une stabilité particulière qui leur fait donner aussi le nom d'*axes permanents de rotation*. Si, par suite d'une petite impulsion étrangère, le *pôle instantané* de rotation s'écarte à une petite distance du *pôle majeur* ou du *pôle mineur*, il ne s'en éloignera pas davantage, mais il y reviendra en dérivant une série d'oscillations coniques qui se traduisent par une courbe particulière limitée autour de ce pôle principal. Il est essentiel toutefois, pour que cette stabilité existe, que l'axe principal de rotation soit réellement un maximum ou un minimum, différant sensiblement des axes voisins et de l'axe moyen.

Dans une sphère homogène, tous les axes sont égaux. Dans un solide de révolution allongé homogène, il y a un axe mineur, c'est l'axe de révolution, et une infinité d'axes majeurs qui sont normaux à cet axe et passent par le centre de gravité. La rotation d'un solide de révolution ne présentera donc de stabilité qu'autour de son axe de révolution.

Dans le mouvement de rotation autour d'un point, le solide possède toujours une certaine tendance à tourner autour de son axe majeur d'inertie.

Lorsqu'un solide doué d'un mouvement de rotation autour d'un de ses axes est soumis à l'action d'une force qui tend à le faire tourner autour d'un autre axe concourant avec le premier, la composition de ces deux rotations donne lieu à une suite de rotations instantanées autour d'un axe mobile, parce que l'axe instantané de la rotation absolue est à chaque instant dans le plan variable qui contient l'axe fixe de la rotation du système de comparaison et l'axe de la rotation relative.

Ainsi, si l'on considère un solide de révolution (comme un projectile oblong) doué d'une rotation autour de son axe de figure, et qu'on le suppose soumis à l'action d'un couple extérieur constant dont le plan passe par l'axe de figure et par la direction de la vitesse du centre de gravité, la rotation résultante se fera autour d'un axe instantané, dont le pôle décrit autour de l'axe de figure une spirale qui le coupe après chaque demi-période. Si la vitesse angulaire initiale est très-considérable par rapport au moment du couple extérieur, l'axe instantané peut être considéré comme coïncidant avec l'axe de figure.

Si maintenant on étudie le mouvement en adoptant comme axe fixe la direction de la vitesse du centre de gravité, on reconnaît, par les équations du mouvement, que l'axe de figure (ou instantané puisqu'ils coïnci-

dent) décrit autour de cet axe fixe un cône circulaire avec une vitesse angulaire constante.

On en a un exemple dans le mouvement de la toupie animée d'une rotation rapide autour de son axe de figure, lorsqu'on assujettit sa pointe en un point fixe qui empêche la pesanteur d'agir autrement que pour faire tourner le solide autour de ce point. La pesanteur est une force constante et donne un couple constant; par la composition de ce couple avec le mouvement de rotation initial, l'axe de la figure de la toupie prend un mouvement conique autour d'un axe vertical passant par le point fixe, parce que cet axe vertical est la direction de la vitesse que prendrait ce point sous l'action de la pesanteur, seule force extérieure agissante.

On sait que l'axe de la terre, pendant que le centre de gravité de cette planète décrit l'écliptique, ne reste pas parallèle a lui-même, mais a un mouvement complexe. Considéré simplement d'abord, il décrit un cône autour d'une perpendiculaire au plan de l'écliptique; ce mouvement conique de l'axe de la terre a reçu le nom de *précession des équinoxes.* Mais comme le plan de l'écliptique change lui-même lentement de direction dans l'espace, l'angle du cône varie lentement. En outre, l'axe de la terre oscille autour de la position moyenne qui résulte du mouvement conique considéré seul, et décrit ainsi un petit cône elliptique dont cette position moyenne est l'axe de figure; c'est ce mouvement spécial qui constitue la *nutation de l'axe de la terre.*

On retrouvera dans le mouvement des projectiles tournants des circonstances qui rappellent vivement ces faits [1].

Projectiles allongés sans rotation. — On conçoit aisément qu'un projectile allongé, qui se meut dans l'air avec son grand axe dirigé dans le sens de la trajectoire, éprouve moins de résistance, conserve mieux sa vitesse initiale et fournisse une plus grande portée qu'un projectile rond de même poids. Aussi a-t-on songé, il y a longtemps, à employer des boulets oblongs. Mais l'expérience a démontré qu'un projectile homogène cylindrique, lancé par une bouche à feu lisse, même avec suppression du vent, se renverse ou *se culbute*, comme on dit, à une faible distance de la bouche, en tournant autour d'un des axes majeurs d'inertie. Ce résultat tient à ce que la résultante de l'action des gaz sur le culot, au sortir de la pièce, ne passe pas par le même point et ne se confond pas en direction avec la résultante de l'action de l'air sur l'avant; mais il en serait ainsi, que le boulet cylindrique ne fournirait pas une longue carrière sans se culbuter en obéissant à la loi d'inertie,

On a tenté divers moyens pour empêcher cette rotation fâcheuse

1. Voir Poinsot. *Théorie nouvelle de la rotation des corps*, à la suite de ses *Éléments de statique.* — Bélanger. *Cinématique,* § 48 et suivants. — Bélanger. *Dynamique des systèmes matériels,* § 183 et suivants.

autour de l'axe transversal. L'un est de constituer le projectile à la manière des flèches, c'est-à-dire de façon que son centre de gravité soit très-voisin de l'extrémité qui fend l'air, et que tout mouvement de rotation transversal autour de ce point tende à augmenter beaucoup la résistance de l'air, celle-ci se trouvant plus grande à la partie postérieure qu'à la partie antérieure. Mais ce moyen n'est réellement efficace qu'avec de grandes vitesses initiales d'une part, et d'autre part avec des projectiles peu allongés, s'ils sont homogènes, ou formés de matières de diverses densités, s'ils sont allongés. On l'a mis en pratique dans certaines balles employées ou essayées dans les fusils d'infanterie : par exemple, la balle Nessler[1] dont l'arrière est évidé pour l'alléger, mais qui est peu allongée, les balles à pointe de plomb et à culot d'étain, ou en plomb et bois[2]. En 1856, un ingénieur anglais, M. Longridge, fit un essai avec un boulet de 75 mill. de calibre, en fonte et bois de sapin, dont la partie métallique pesait environ 3k.85[3]. Il le tira avec une trop grande charge de poudre, et il arriva ce qu'on pouvait prévoir : le coin de bois força la tête, et la pièce éclata à 30 centimètres de la bouche.

On a joint à ce moyen l'emploi d'une ou plusieurs saillies circulaires ou *cannelures*, destinées à agir comme les pennes des flèches, en donnant prise à la résistance de l'air pour ramener l'axe du projectile dans la direction de la trajectoire. Ces saillies, trouvées utiles pour les balles de fusil, n'ont pas présenté grand avantage pour les calibres aussi gros que ceux des boulets de canon[4].

Mais, malgré ces précautions, le projectile allongé, la flèche elle-même, prend un mouvement de balancement plus ou moins sensible sur sa trajectoire, surtout à la fin du trajet, mouvement qui devient fort nuisible à la justesse du tir; de plus il reste fort sensible à l'influence des courants atmosphériques. Aussi Robins disait : « Il n'est aucun arbalétrier qui ne sache qu'il faut disposer les plumes d'un trait en forme de spirale pour lui communiquer un mouvement de rotation autour de son axe, sans quoi on le verrait faire des ondulations et s'écarter de la direction qu'on lui donne. »

Projectiles allongés tournants. — En donnant au projectile, qui a toujours la forme d'une surface de révolution, un mouvement rapide de rotation autour de son axe de figure, qui est en même temps son axe mineur d'inertie, on le rend stable sur sa trajectoire. Plus le projectile est allongé, plus il doit tourner vite. Robins assimilait son mouvement à celui d'une toupie; plus celle-ci est allongée, plus elle doit tourner vite pour paralyser l'action de la pesanteur qui tend à la faire tomber, dès que son axe n'est pas rigoureusement vertical. Plus la rotation est

1. Voir pl. 21, fig. 12.
2. Voir pl. 21, fig. 10.
3. Voir pl. 21, fig. 11.
4. Voir pl. 21, fig. 14.

rapide, du reste, pour le même projectile, et plus l'axe est stable. Plus le projectile est stable par sa constitution même, et moins rapide peut être la rotation.

Il faut, du reste, remarquer que c'est surtout à la bouche du canon que le mouvement de rotation a son importance, puisque c'est là surtout que l'action immédiate des gaz tend à culbuter le projectile.

On a essayé de produire la rotation par la résistance de l'air extérieur en disposant sur l'avant du projectile des cannelures directrices hélicoïdales; mais on ne peut arriver à un mouvement bien rapide. En supposant une vitesse initiale de 500 mètres, on arrive à peine à un nombre initial de tours par seconde égal à 50 pour le boulet de 4 (tandis que dans le canon rayé il est 140); de plus la rotation est la moins rapide au commencement du trajet, tandis qu'il est utile que ce soit l'inverse.

En se servant de la pression des gaz de la poudre, agissant dans des évents latéraux hélicoïdaux, on a essayé des *projectiles-turbines;* mais ils résistent difficilement aux fortes charges. De plus, par suite de l'énorme pression des gaz qui s'échappent par ces évents, il y a un frottement tangentiel qui diminue considérablement la vitesse.

Enfin on pourrait employer des *projectiles à réaction,* munis de plusieurs trous excentriques perpendiculaires à l'axe; ces trous, remplis de composition fusante, fourniraient, par le recul, des couples de rotation. J'ignore si l'essai en a jamais été fait[1].

CHAPITRE III.

Projectiles oblongs pour canons rayés.

Historique et description.— Dans les canons *carabinés* ou *rayés,* le mouvement de rotation ne provient plus du projectile lui-même; il est communiqué par le canon au moyen d'un guidage hélicoïdal, procédé qui a l'inconvénient de faire perdre au projectile par le frottement une part importante de sa vitesse initiale, mais qui donne une rotation aussi rapide qu'on le désire et une grande stabilité.

C'est à la fin du 15e siècle ou au commencement du 16e, que les premières armes rayées en spirale furent inventées à Nuremberg en Bavière; et c'est en 1845 qu'un artilleur italien, M. Cavalli, eut l'idée d'appliquer le rayage aux canons et fit des essais à Aker, en Suède, dans l'usine de M. de Wahrendorf.

1. Voir Martin de Brettes. — *Études sur le mouvement et les propriétés mécaniques des projectiles oblongs ou aplatis, projetés dans l'air sans rotation initiale autour de leur axe de figure.* — Et *Mémoire sur les moyens d'imprimer un mouvement de rotation aux projectiles lancés par les canons lisses,* 1869, Dumaine.

Mais ce n'est que vers 1856 qu'une solution pratique des canons rayés fut obtenue en France par les efforts réunis de divers officiers d'artillerie (MM. Lepage, Tamisier, de Chanal, Treuille de Beaulieu), sous le patronage du général de la Hitte. Le système de guidage adopté par l'artillerie française se compose de six rayures hélicoïdales à inclinaison constante, dans lesquelles glissent douze saillies ou *ailettes* portées par le projectile. Celui-ci a la forme d'un cylindre avec une base plane, surmonté d'une pointe en forme de paraboloïde de révolution. La marine française a adopté pour ses bouches à feu rayées un guidage un peu différent : trois ou cinq rayures hélicoïdales d'inclinaison variable (*paraboliques*), dans lesquelles glissent autant de tenons voisins de l'équateur du projectile; celui-ci a une forme ogivo-cylindrique. On voit que dans ces deux systèmes, comme dans un autre analogue employé en Angleterre pour l'armée des Indes, et dans les systèmes autrichien et italien, le vent n'est pas supprimé, mais distribué aussi régulièrement que possible autour du projectile. Dans tous les autres pays européens au contraire (Angleterre, Prusse, Russie, Belgique, Suisse, Espagne), le vent est supprimé, et le guidage se fait par l'intermédiaire d'une *enveloppe en métal mou* (plomb), fixée au projectile en fonte. L'âme du canon est munie d'un nombre assez grand de rayures hélicoïdales peu profondes; elle se raccorde par une partie légèrement conique avec une chambre lisse, qui s'ouvre à la tranche de culasse et par laquelle se fait le chargement. Cette chambre a un diamètre un peu plus grand que celui du projectile; elle est assez longue pour recevoir la charge et la partie cylindrique de l'obus, et laisser en outre un petit excédant qui donne plus de régularité à l'expansion des gaz et par suite à la vitesse initiale. Le calibre, compté du fond d'une rayure au fond de la rayure opposée, est égal au diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb. Dans le tir, les cloisons qui séparent les rayures viennent se découper sur ce métal mou, et obligent l'obus à prendre le mouvement de rotation par une sorte de forcement.

Vitesse initiale. — La vitesse initiale des projectiles allongés, lancés par des canons rayés, est bien moindre que celle des projectiles ronds de même calibre; et celle des boulets forcés à enveloppe de plomb, plus grande que celle des boulets à ailettes, comme le montrent les chiffres ci-dessous relatifs à l'artillerie de terre :

Nature du projectile.	Calibre.	Poids.	Charges.	Vitesses initiales.
	mill.	k.		m.
Français. Rond plein de 12....	119	6,000	$\frac{1}{4,30}$	450
— Obus rond de 12.....	119	4,200	$\frac{1}{4,20}$	450
— Obus oblong de 12...	118	11,500	$\frac{1}{11,50}$	325
— Obus oblong de 4....	84	4,000	$\frac{1}{7,33}$	343
Prussien. Rond plein de 6.....	91,5	2,820	$\frac{1}{3}$	499
— Rond plein de 12....	117,7	5,970	$\frac{1}{3,4}$	480
— Obus oblong de 6....	91,5	7,200	$\frac{1}{11,5}$	331
— Obus oblong de 12...	117,7	16,000	$\frac{1}{13,8}$	298
— Obus oblong de 4....	78,5	4,500	$\frac{1}{8,5}$	369
— Obus oblong de 24...	148,1	28,100	$\frac{1}{9,05}$	366
Belge. Obus oblong de 4.......	?	4,227	?	372
Autrichien. Obus oblong de 4...	78,9	3,620	$\frac{1}{7}$	333

Voici aussi quelques chiffres relatifs à l'artillerie navale et qui ont leur intérêt :

Nature du projectile.	Poids.	Charges.	Vitesses initiales.
Français. Boulet de 16c/m........	k. 45,00	$\frac{1}{6}$	m. 345
— Obus de 16............	31,49	$\frac{1}{6,3}$	360
— Boulet de 19...........	75,00	$\frac{1}{6}$	344
— Obus de 19............	52,25	$\frac{1}{6,5}$	356
— Obus de 22...........	80,00	$\frac{1}{16}$	245
— Boulet de 24...........	144,00	$\frac{1}{6}$	336
— Obus de 24............	100,00	$\frac{1}{6,2}$	354
— Boulet de 27...........	216,00	$\frac{1}{6}$	342
— Obus de 27............	144,00	$\frac{1}{6}$	354
Prussien. Obus ordinaire de 149mil.	27,40	$\frac{1}{5,48}$	412
— Obus Gruson de 149.....	34,50	$\frac{1}{4,92}$	415
— Obus Gruson de 209.....	100,00	$\frac{1}{5,9}$	421
— Obus Krupp de 209......	87,50	$\frac{1}{5}$	450
— Obus Gruson de 235....	152,50	$\frac{1}{6,4}$	392
— Obus Krupp de 235.....	125,00	$\frac{1}{5,1}$	431
Belge. Obus Krupp de 223........	121,25	$\frac{1}{5,5}$	422
Russe. Obus Krupp de 279.......	225,00	$\frac{1}{6,1}$	environ 400

Longueur des projectiles. — On conçoit que, sur deux projectiles de même poids, la résistance de l'air sera moindre pour celui qui aura la moindre section droite ; on a donc intérêt à allonger le projectile et à diminuer le calibre pour conserver la vitesse et augmenter la portée. Mais plus le projectile est allongé, moins il est stable ; il faut donc raccourcir le pas de la rayure pour augmenter la vitesse de rotation, ce qui augmente aussi le frottement et diminue la vitesse initiale due à la même charge de poudre. De plus, à mesure que le calibre diminue, on est aussi obligé de diminuer la charge de poudre, parce que l'espace manque, à moins d'employer des poudres comprimées, ressource qui a encore sa limite. On arriverait donc à perdre toutes les qualités militaires du pro-

jectile. M. Whitworth a fait d'intéressantes expériences sur les longueurs, en tirant dans le même canon des boulets longs de 1 à 7 calibres; c'est celui de 3 calibres qui paraît avoir donné les meilleurs résultats comme portée et comme justesse. Il a trouvé que les projectiles se renversaient après être sortis de l'âme, malgré un pas de 22,9 calibres, lorsque la longueur dépassait 5 calibres; ceux lancés avec une rayure au pas de 34,4 calibres se renversaient lorsque leur longueur dépassait 3 1/2 calibres, la charge de poudre restant toujours la même.

La plus grande stabilité appartiendrait aux projectiles *aplatis* comme ceux de la carabine Delvigne[1], qui tournent autour de leur axe majeur d'inertie. Cette carabine, modèle 1842, servait à l'armement des chasseurs de Vincennes; la charge était dans une chambre, et on aplatissait la balle d'un coup de baguette contre le fond du canon. Mais ces balles, malgré leur portée et leur justesse, manquaient de force à cause de la résistance de l'air qui était considérable par rapport à leur poids.

Les obus des canons rayés de campagne français ont un peu moins de 2 calibres de longueur; ceux des canons prussiens ont un peu plus de 2 calibres. Celui du nouveau canon de 7 français a à peu près 3 calibres. Ceux de l'artillerie navale française ont deux calibres et un tiers environ.

Forme de la pointe. — Cette forme n'est pas indifférente. La résistance de l'air sur les pointes ogivales n'est guère, dit-on, que les 2/3 de la résistance sur un hémisphère. Toutefois on ne peut dépasser un certain degré d'acuïté, parce qu'on diminue la stabilité en éloignant le centre de gravité de l'extrémité de l'axe. Les pointes mousses ou de forme parabolique sont préférables aux pointes aiguës, et les pointes ogivales à celles coniques.

Les projectiles de campagne français ont des pointes paraboliques tronquées; les Prussiens et les Russes préfèrent les pointes ellipsoïdales.

Forme du culot. — Cette forme a certainement une importance; mais elle a été peu étudiée jusqu'à présent à ma connaissance. On peut remarquer que la balle du fusil prussien et celle du fusil de rempart, aussi prussien, ont une forme olivale, ce qui oblige à les lancer avec des sabots en papier mâché.

D'après les expériences faites avec des projectiles Whitworth à culot plat et à culot conique[2], on serait disposé à conclure que les derniers l'emportent notablement comme conservation de la vitesse, et par suite

1. Voir pl. 21, fig. 17.
2. Voir pl. 21, fig. 15.

pour les grandes portées, tandis que les premiers l'emportent comme justesse de tir aussi bien en direction qu'en hauteur.

Tous les projectiles oblongs employés jusqu'à présent par les artilleries des diverses nations ont un culot plat.

Équilibrage du projectile. — On a vu que, pour les projectiles oblongs qui ne tournent pas, le rapprochement du centre de gravité de la pointe du projectile augmente sa stabilité sur sa trajectoire et assure davantage l'arrivée au but par la pointe. Il en est à peu près de même pour les projectiles tournants; mais avec des boulets ou obus homogènes, il est difficile de rapprocher beaucoup le centre de gravité de l'avant. De plus, ce rapprochement, qui tend à faire passer la résultante de l'air en arrière du centre de gravité, a des inconvénients graves pour la justesse du tir en augmentant les déviations. Il semble nécessaire de faire un choix, ou un juste balancement, entre ces deux buts également utiles à atteindre : le choc par la pointe et la précision. Dans les projectiles français, de campagne comme de marine, on paraît avoir eu en vue surtout le premier : ils sont plus lourds à la pointe qu'au culot; dans les projectiles de campagne prussiens on a, au contraire, recherché surtout la précision, et ils ont le culot plus lourd que la pointe, grâce à l'épaisseur considérable de plomb qui recouvre la partie postérieure.

Tir des projectiles oblongs tournants. — La trajectoire d'un projectile oblong, tournant autour de son axe de figure, n'est pas contenue dans le plan de tir; le *point moyen* de chute s'en écarte toujours dans le même sens et d'une quantité sensiblement constante pour une même portée de tir, l'air étant tranquille. Cet écart régulier a reçu le nom de *dérivation* : il se produit généralement dans le sens des rayures, c'est-à-dire du côté vers lequel le projectile tourne lorsqu'on le regarde par l'arrière en dessus. La dérivation augmente avec la vitesse de rotation du projectile; elle augmente aussi lorsque la vitesse initiale de translation diminue ou lorsque l'angle de tir augmente. Ce phénomène singulier a exercé l'imagination des physiciens et des mathématiciens. Les uns l'ont attribué à la rotation de la terre qui tourne, pendant que l'axe du projectile, formant gyroscope, reste fixe dans l'espace; mais le sens de la dérivation dépend du canon et du projectile, et non de la terre[1]. Les autres ont cherché dans le frottement du projectile, ou de ses ailettes contre l'air condensé par sa translation rapide, une explication de la dérivation ; ils ont également fait fausse route en se trompant sur le côté où l'écart s'opère[2]. D'autres

1. La déviation due à la rotation de la terre a lieu toujours à droite (dans notre hémisphère) ; elle est égale environ à autant de fois la 18 000e partie de la portée qu'il y a de secondes dans la durée du trajet, d'après M. Faye.

2. Avec des ailettes faites de la même façon, un obus peut dériver à droite ou à gauche, suivant le mode de tir et l'équilibrage.

encore ont cru trouver la cause du phénomène dans la position relative du centre de gravité et du centre de figure du projectile, parce que le boulet Whitworth, dans lequel ces deux centres coïncident a une dérivation à peu près nulle. Mais des expériences faites par l'artillerie française ont prouvé qu'ils se trompaient, puisqu'un boulet Whitworth, que l'on avait tronqué en remplaçant la partie coupée par un morceau identique en bois rapporté, ne dérivait pas davantage, que la partie en bois fût placée à l'avant ou à l'arrière.

Les expériences du docteur Magnus ont prouvé que la cause de la dérivation n'était autre que l'action de la résistance de l'air sur les projectiles tournants oblongs, à pointe plus ou moins allongée, et une analyse soigneuse des circonstances du mouvement l'a également démontré, ainsi que je vais le faire d'après un intéressant mémoire du général russe Mayewski [1].

Étude de la trajectoire des projectiles oblongs dans l'air [2]. — Le projectile, à sa sortie de la bouche à feu rayée, est animé d'une certaine vitesse initiale de translation v et d'une vitesse angulaire de rotation ω autour de son axe de figure [3]. Celui-ci, à la sortie du canon, coïncide avec la tangente à la trajectoire.

Dès le commencement de son mouvement, le projectile est soumis :

1° A la *pesanteur* qui agit sur toutes ses molécules et qui, passant par le centre de gravité, n'a ni action déviatrice hors du plan de tir, ni action sur la rotation.

2° Au *frottement* de l'air sur chaque point de la surface, qui dépend de la projection de la vitesse de ce point sur la tangente à la surface et de la densité de l'air en ce point; comparé aux autres forces, il est assez faible pour que nous le négligions.

3° A l'*augmentation de pression* sur certaines parties et à la *diminution* sur d'autres, selon que la rotation de ces parties a lieu dans le sens inverse ou dans le sens direct de leur mouvement de translation. Dans le mouvement des projectiles oblongs animés d'une grande vitesse initiale, et par suite d'une grande vitesse de rotation, l'axe du projectile, comme nous le verrons, ne s'écarte pas beaucoup de la direction de la vitesse du centre de gravité; et dans le mouvement des projectiles tirés avec une petite

1. Certains artilleurs semblent croire qu'on supprimerait la dérivation, si on pouvait, lorsque le projectile est sorti du canon, supprimer la rotation. Mais que deviendrait la stabilité?

2. Voir *De l'influence du mouvement de rotation sur la trajectoire des projectiles oblongs dans l'air*, par le général major Mayewski (*Revue de technologie militaire*, tome V).

3. $\omega = \frac{2\pi v}{p}$, p étant le pas de la rayure.

vitesse initiale, leur vitesse de rotation n'est pas grande, de sorte que dans les deux cas, la différence entre les pressions de l'air sur les côtés opposés du projectile ne peut pas être grande. On peut donc, pour les projectiles oblongs qui nous occupent, négliger cette différence de pression qui cause la déviation des projectiles ronds excentriques.

4° Enfin à la *résistance de l'air* qui s'exerce normalement (puisque nous négligeons le frottement) sur chaque élément de la surface antérieure du projectile, cette partie antérieure étant séparée de la partie postérieure par la courbe de contact de la surface du projectile avec un cylindre circonscrit dont la génératrice est parallèle à la direction de la vitesse du centre de gravité, c'est-à-dire à la tangente à la trajectoire. Cette résistance est une fonction de la vitesse résultante de l'élément considéré, qui se compose de la vitesse de translation et de la vitesse de rotation; mais la projection de celle-ci sur la normale étant presque nulle, on voit que la résistance normale ne dépend que de la vitesse de translation.

Les résistances normales élémentaires se composent en une résultante R située dans le plan qui passe par l'axe de figure et par la tangente à la trajectoire, faisant avec celle-ci un angle φ et coupant l'axe de figure à une distance du centre de gravité égale à d (en un point C que nous appellerons *centre de la résistance de l'air* ou *centre de pression*), de telle sorte que son moment est égal à R d sin φ [1].

On peut, par des moyens analytiques et géométriques, déterminer les valeurs de R, celles de d et de φ, c'est-à-dire les grandeurs, les directions et les points d'application de la résistance oblique de l'air sur une surface de révolution pour diverses valeurs de l'angle δ que fait l'axe de figure avec la direction de la vitesse. R, pour une vitesse v et pour un angle δ donnés, dépend de la forme du projectile et est proportionnel à une certaine surface qu'on peut prendre pour l'exprimer. Le général Mayewski a construit, pour l'obus oblong de 4 russe, les courbes des valeurs de R sin φ, R cos φ, et de d pour des valeurs de δ comprise entre 0° et 90° [2].

1. Voir pl. 22, fig. 1.

2. Voir pl. 22, fig. 2.

Pour des projectiles semblables et pour le même angle δ, les valeurs de R sont proportionnelles aux carrés des diamètres, et celles de d aux diamètres des projectiles.

D'après le major italien de Saint-Robert pour les projectiles de 4 français, on a :

	$\delta = 0^{\circ}$	$d = +\ 0^{m},04$
pour	$\delta = 25^{\circ}$	$d = +\ 0^{m},013$
	$\delta = 45^{\circ}$	$d = +\ 0^{m},003$
	$\delta = 55^{\circ}$	$d = 0^{m},00$
	$\delta = 65^{\circ}$	$d = -\ 0^{m},005$
	$\delta = 90^{\circ}$	$d = -\ 0^{m},007$

L'angle φ peut être plus petit ou plus grand que l'angle δ. Pour un cylindre à bases planes dont la hauteur est plus petite, ou égale à 2 1/2 diamètres, φ est plus petit que δ pour toutes les valeurs de δ comprises entre 0° et 25° 1/4. Pour un projectile formé d'un cylindre surmonté d'une demi-sphère, dont la hauteur est égale à 2 1/2 diamètres, les angles φ sont plus grands que les angles δ pour toutes les valeurs de δ de 0° à 85° 3/4. Pour l'obus oblong de 4 à manchon en plomb et pour tous les projectiles qui lui sont semblables, les angles φ sont plus grands que les angles δ pour toutes les valeurs de δ de 0° à 83°.

Pour des angles δ très-petits, le centre de résistance du projectile entier est, comme on le comprend, fort près du centre de résistance de la partie antérieure conique ou ovoïde du projectile. Par suite, au commencement de la trajectoire, quand l'angle δ est encore très-petit, le centre de résistance se trouve toujours en avant du centre de gravité. A mesure que l'inclinaison de l'axe de figure sur la tangente à la trajectoire augmente, le centre de résistance s'approche du centre de gravité, et peut même l'atteindre et passer de l'autre côté pour certaines formes de projectiles. Dans l'obus oblong de 4 à manchon de plomb, le centre de résistance est, pour l'angle $\delta = 90°$, situé encore un peu en avant du centre de gravité. Dans certains obus français, la valeur de d devient négative pour de grandes valeurs de δ, et le centre de résistance passe entre le culot et le centre de gravité.

Si on considère maintenant le mouvement du projectile soumis à l'action de la résultante R, on voit que son centre de gravité décrira une certaine trajectoire, tandis que le projectile lui-même tournera autour d'un axe qui ne sera plus exactement son axe de figure, à cause de la composante de rotation due à R, mais un axe instantané, très-rapproché de cet axe de figure, d'autant plus que ω sera plus grand et $R d \sin \varphi$ plus petit, mais toujours tellement rapproché que, pratiquement, on peut le considérer comme coïncidant. De plus, l'axe de figure décrira, dans son mouvement relatif autour de la tangente à la trajectoire, un cône dont le sommet est le centre de gravité, avec la vitesse angulaire

$$\frac{dv}{dt} = \frac{Rd \sin \varphi}{I\omega \sin \delta} = \nu,$$

(I étant le moment d'inertie du projectile autour de l'axe de figure). Ce mouvement conique (analogue à la précession des équinoxes) de l'axe de figure se démontre par l'étude et l'intégration des équations différentielles générales du mouvement de rotation d'un corps solide soumis à l'action de forces extérieures, dites *équations d'Euler*. L'observation des circonstances du tir sous de grands angles et avec des vitesses peu considérables, dans les polygones, permet de constater l'exactitude des résultats du calcul.

L'angle δ variant avec l'inclinaison de la trajectoire, et le moment de la résistance de l'air variant avec la valeur de la vitesse de translation et

avec celle de δ, la vitesse angulaire du mouvement conique de l'axe est variable, et l'angle du cône change constamment. Le mouvement relatif de l'axe est donc une vraie *nutation*.

Le sens de la nutation dépend du sens de la rotation du projectile autour de son axe et du côté où agit la résultante R. Ordinairement, dans les bouches à feu rayées, la rotation du projectile a lieu de gauche à droite autour de l'axe de figure (en regardant la pointe par-dessus); et pour les projectiles oblongs ordinaires, dans la plupart des cas du tir, le centre de résistance, comme on l'a remarqué plus haut, se trouve en avant du centre de gravité, de sorte que la résultante R tend à éloigner la pointe du projectile de la tangente à la trajectoire. Sous ces conditions, l'axe de figure, si l'on regarde à l'origine de la trajectoire, se meut autour de la tangente de gauche à droite, ou, ce qui est tout un, la nutation de l'axe de figure autour de la tangente est *directe*, c'est-à-dire se fait dans le même sens que la rotation du projectile autour de son axe. Mais si le centre de résistance vient à passer en arrière du centre de gravité, la nutation de l'axe de figure autour de la tangente sera *inverse*, c'est-à-dire en sens contraire de la rotation du projectile autour de son axe.

Si la trajectoire du centre de gravité était une ligne droite horizontale, on voit que l'axe de figure, dans son mouvement de rotation, décrirait une sortede surface hélicoïdale ou vis allongée, coupée en deux parties symétriques par le plan de tir : pour chaque spire l'axe mettrait le même temps à parcourir la moitié descendante de droite et la moitié ascendante de gauche. Mais cette trajectoire est une ligne courbe, concave du côté de l'horizon, de manière que la tangente s'abaisse constamment et que l'angle du cône s'ouvre constamment. Il en résulte que le temps que l'axe de figure met à décrire, en descendant, sa première demi-révolution autour de la tangente, qui s'abaisse aussi, est plus grand que celui qu'il met à décrire, en remontant, la seconde demi-révolution autour de la tangente, qui continue à descendre[1].

Si la résultante R de la résistance de l'air était toujours dirigée suivant la tangente à la trajectoire, celle-ci, malgré la nutation de l'axe de figure, serait plane et située dans un plan vertical; car, si l'on faisait passer un plan vertical par un élément quelconque de la courbe, la pesanteur ainsi que R y étant comprises, il en résulte que l'élément suivant y serait aussi compris, et ainsi de suite.

Mais R fait avec l'axe, pour les projectiles ordinaires, dans les cas ordinaires du tir, un angle φ plus grand que δ; de plus comme R est toujours situé dans le plan qui passe par l'axe et par la tangente, elle ne se trouve pas, pendant la nutation, dans le plan vertical qui passe par la tangente,

1. La courbe que décrit la projection de la pointe, ou pôle de l'axe de figure, sur un plan passant au centre de gravité et normal à la tangente, est une spirale analogue à la figure 3, pl. 22.

et, par suite, *la trajectoire que décrit le centre de gravité est à double courbure*. En effet, décomposons R en trois composantes passant par le centre de gravité en ne nous occupant pas pour le moment du couple de rotation qui en résulte : l'une suivant la tangente, l'autre perpendiculaire à cette tangente et dans le plan vertical, et la troisième perpendiculaire à cette tangente dans le plan horizontal ; on voit que, pour le sens ordinaire du mouvement conique de l'axe, la composante horizontale de la résistance fait dévier le centre de gravité à droite [1], durant toute la première demi-révolution de l'axe de figure autour de la tangente, et que l'angle que fait le plan vertical de tir avec le plan vertical qui passe par la tangente augmente. Dans la seconde demi-révolution, la composante horizontale de la résistance fait dévier le centre de gravité à gauche par rapport à sa direction précédente, de manière que l'angle ci-dessus diminue. Mais le temps que met l'axe à décrire sa seconde demi-révolution autour de la tangente étant plus petit que celui qu'il met à décrire la première, l'angle à la fin du tour complet ne peut devenir ni négatif, ni même nul, et par conséquent les déviations du centre de gravité à droite du plan de tir continuent à augmenter. Voilà l'explication de la *dérivation* [2].

En outre, lorsque l'axe décrit autour de la tangente le premier et le quatrième quarts de sa révolution, il est au-dessus de cette tangente, et la composante de R qui se trouve dans le plan vertical perpendiculairement à la tangente, tend à relever le centre de gravité. Au contraire, lorsque l'axe de figure décrit le second et le troisième quarts, il est au-dessous de la tangente, et la composante ci-dessus tend à abaisser le centre de gravité. Dans les cas ordinaires, le temps pendant lequel l'abaissement a lieu étant plus grand que celui pendant lequel il y a relèvement, le résultat final est un abaissement.

Si l'angle φ était plus petit que l'angle δ, la composante de R, qui agit dans le plan vertical, tendrait à abaisser G pendant les 1er et 4e quarts de révolution, et à le relever pendant le 2e et le 3e quarts.

Si C coïncidait avec G, le moment de R serait nul; il n'y aurait pas de nutation; l'axe de figure resterait, pendant le trajet du projectile, parallèle à lui-même dans l'espace, et serait constamment dans le plan vertical qui passe par la tangente. La trajectoire serait plane, et la composante de R perpendiculaire à la direction de la tangente tendrait à relever ou à abaisser le centre de gravité, selon que φ serait plus grand ou plus petit que δ.

La vitesse angulaire de nutation ν est en rapport direct avec le moment de R et en rapport inverse avec la vitesse angulaire de rotation ω; R est proportionnelle au carré (ou au cube) de la vitesse v de translation,

1. Si l'angle φ était moindre que δ, le centre de gravité dévierait à gauche.

2. Si le centre de résistance se trouvait en arrière du centre de gravité, la dérivation, à cause de la nutation inverse, aurait lieu aussi en sens contraire.

tandis que ω n'est proportionnelle qu'à la première puissance de v. Il en résulte que l'axe de figure d'un projectile tiré avec une charge considérable peut faire autour de la tangente plusieurs révolutions dans le temps pendant lequel le même projectile, tiré de la même bouche à feu, mais avec une faible charge sous un grand angle, ne fera qu'une partie d'une seule révolution [1].

Étude des propriétés de quelques projectiles. — Un projectile oblong, allongé à manteau de plomb, analogue aux obus prussiens, dans lesquels le centre de gravité est assez en arrière pour qu'il reste toujours assez distant du centre de résistance, tiré sous de petits angles avec une vitesse de rotation assez grande, aura un mouvement de nutation rapide, de sorte que son axe fera trois ou quatre révolutions autour de la tangente pendant une portée ordinaire. La dérivation sera faible et la précision sera grande. Une grande régularité dans le mouvement de rotation contribue beaucoup à cette précision : le lourd manteau de plomb qui recouvre les obus prussiens, russes, autrichiens, agit comme un volant pour uniformiser la rotation. Ce volant est nécessaire : car, tant que le projectile est dans l'âme ou sous l'influence des gaz, il est soumis à un mouvement de rotation accéléré et non uniforme; il en résulte que, s'il est trop léger à la circonférence, il conserve ce mouvement accéléré pendant les premiers instants de son trajet dans l'air, et que ce manque d'uniformité se traduit par des oscillations irrégulières de l'axe qui détruisent la précision; l'uniformité ne se rétablit que lorsque la vitesse de rotation a un peu diminué. Je le ferai comprendre de suite en reprenant la comparaison de la toupie. Une toupie légère, à laquelle le jeu de la ficelle donne forcément un mouvement qui n'est pas uniforme, se promène et oscille avant de s'endormir sur son axe devenu stable et vertical. Une toupie lourde à la circonférence, comme la toupie gyroscope par exemple, s'agite beaucoup moins avant de devenir stable. Les oscillations irrégulières et rapides d'un projectile léger à la circonférence se traduisent à l'oreille lorsqu'il sort du canon par un bruissement particulier. On voit que les obus prussiens sont parfaitement établis pour avoir une grande justesse et une faible dérivation; mais ils peuvent arriver à la fin de leur course autrement que sur leur pointe, parce que le centre de gravité est plus près du culot que de la pointe.

Les obus de l'artillerie française, plus courts, et où le centre de résistance est plus voisin du centre de gravité, arrivent plus sûrement par leur pointe; mais leur dérivation est plus grande, parce que la vitesse initiale

1. Mon travail était terminé, lorsque j'ai pu me procurer, après la fin du siége, le remarquable ouvrage de M. Martin de Brettes, intitulé : *Théorie générale du mouvement relatif des axes de figure et de rotation initiale des projectiles de l'artillerie*, 1867. Dumaine. — Je ne puis qu'engager ceux de mes collègues, qui voudront étudier plus complétement la question, à se procurer ce livre, tout en les avisant que la lecture en est laborieuse.

est moindre, la rotation plus rapide et la nutation plus lente; de plus, ils sont davantage soumis aux déviations accidentelles, parce que leur moment d'inertie est moindre. Ce seraient actuellement les moins précis de tous les projectiles dès artilleries européennes, d'après certains artilleurs étrangers[1].

Dans les obus Whitworth, plus allongés que les précédents, et se terminant par une pointe peu allongée, n'ayant point de manteau de plomb et de forme presque symétrique, le centre de gravité et le centre de résistance restent très-voisins dans toutes les positions; lorsqu'on ne les tire pas sous de trop grands angles, l'angle φ reste faible, et on peut augmenter considérablement la vitesse de rotation de façon à assurer la stabilité sans créer presque de dérivation. Il faut remarquer aussi qu'un projectile long sortira de l'âme avec un mouvemeut de rotation plus uniforme, à cause du plus grand frottement, qu'un projectile plus court. Les obus Whitworth à derrière conique sont moins justes au commencement de leur trajectoire que les obus à derrière parallèle, et ceux-ci moins que les boulets pleins.

L'obus allongé, presque cylindrique et à pointe très-obtuse, des nouveaux canons de 7, se rapproche comme propriétés balistiques du projectile Whitworth, et sa dérivation est très-faible.

Je ferai remarquer ici qu'on peut modifier aisément les positions relatives des deux centres dans le tracé d'un projectile, soit par la forme de la pointe, soit par celle du culot, soit par l'emploi de cannelures circulaires au culot, soit par la graduation des épaisseurs de métal.

Un projectile dans lequel le centre de gravité serait très-rapproché, de la pointe et le centre de résistance très en arrière, dériverait aussi bien qu'un autre, mais seulement en sens inverse de la dérivation ordinaire.

Un projectile, ayant son centre de gravité rapproché de la pointe, et des formes assez ramassées pour que le centre de résistance passe pour de grands angles δ derrière le centre de gravité, présente des propriétés curieuses, comme on a pu le constater dans certaines expériences de polygone. Lorsqu'on le lance avec une faible vitesse initiale et sous un angle de tir un peu grand, son axe décrit d'abord de gauche à droite et de haut en bas son cône de nutation; la pointe se dirige donc d'abord vers la droite, et la dérivation a lieu à droite du plan de tir; la nutation est lente. Lorsque la pointe a décrit le demi-cône à droite et qu'elle passe à gauche du centre de gravité, la dérivation change de sens, et la trajectoire se rapproche du plan de tir. Puis, si à ce moment le centre de résistance, par l'augmentation de l'angle δ, se trouve passer derrière le centre de gravité, la dérivation continue, malgré la situation de la pointe, à se faire vers la gauche, et le résultat final peut être une dériva-

1. Voir *Conférences militaires belges*. — *L'artillerie de campagne*. Dumaine. 1870.

tion nulle et même négative, c'est-à-dire à l'inverse du sens des rayures de la bouche à feu [1].

Le général Mayewski a étudié en détail, géométriquement et pratiquement, deux trajectoires du même projectile, l'obus de 4, russe.

Voici les données de ce projectile :

Poids total	$5^k,733$
Vitesse initiale :	306 mètres.
Pas des rayures :	$3^m,584$

Moment d'inertie autour de l'axe de figure = $0^{kgm},000650$
Moment d'inertie autour de l'axe équatorial = $0^{kgm},001500$
Distance d de G à C pour $\delta = 1°$ = $0^m,053644$
Vitesse angulaire ω = $163^m,373$
Diamètre du projectile. = $0^m,08687$.

Tiré sous un angle de 10°, sa portée horizontale est de 2560 mètres, et sa déviation est de $11^m,60$ environ. Pendant ce trajet qui dure 10″ 2, l'axe fait près de 3 1/2 révolutions, et il arrive au bout en faisant un angle de 5° seulement avec la tangente à la trajectoire; celle-ci, au point de chute, fait un angle de 13° environ avec l'horizon et de 1/2° avec le plan vertical. On peut dire que la trajectoire est une sorte d'hélice allongée [2]. — Le même projectile tiré sous un angle de 45°, avec une vitesse initiale de $62^m,50$ et une vitesse angulaire de $33^m,50$, atteint une portée de 399 mètres. Pendant ce trajet, qui dure 9″, l'axe fait moins de 1/8 révolution; il s'abaisse peu, de sorte qu'au bout du trajet sa projection sur le plan vertical fait avec l'horizon un angle de 34°; ce même axe, à mesure qu'il s'abaisse, dévie à droite, de sorte qu'au bout du trajet sa projection horizontale fait avec le plan de tir un angle égal à environ 46°; aussi l'axe de l'obus fait alors avec la trajectoire un angle de 77°. La déviation latérale est considérable pour la faible portée et égale à $8^m,230$ [3].

Il résulte en effet de l'observation faite, dans quelques artilleries, d'un très-grand nombre de trajectoires, que, lorsqu'on tire à de très-faibles charges sous de grands angles de projection, l'axe du projectile dévie peu à droite et celui-ci tombe sur son culot. Pour des charges un peu plus fortes, l'axe décrit autour de la tangente près de 1/4 de révolution, l'angle du cône paraît assez ouvert et l'obus tombe sur le flanc. En augmentant la charge, on peut arriver à ce que l'axe décrive 1/2 révolution; alors le projectile arrive la pointe en bas. Un plus grand accroissement de charge et de portée augmente le nombre des révolutions de l'axe et resserre le cône de nutation. Lorsqu'on tire sous de très-grands angles,

1. Voir pl. 22, fig. 6.
2. Voir pl. 22, fig. 4.
3. Voir pl. 22, fig. 5.

le projectile dérive ordinairement du côté opposé à celui de sa rotation initiale.

Il faut, du reste, ne pas oublier que le mouvement de l'axe de figure autour de la tangente se complique, lorsque les vitesses de translation et de rotation sont très-faibles, l'axe instantané ne coïncidant plus avec l'axe de figure.

En résumé, on peut conclure que, pour les projectiles destinés à être tirés sous de grands angles (tir plongeant), si l'on veut réduire la dérivation, il faut un calibre réduit par l'augmentation de la densité moyenne, une grande distance d, une faible vitesse de rotation ω et une grande vitesse initiale v. Pour le tir de plein fouet, on peut employer des projectiles à nutation lente, avec d très-petit, ω très-grand, comme le projectile Whitworth.

Exemples de dérivations, à l'appui de la théorie. — 1° Le canon de siége prussien de 24 (calibre 149 millimètres, poids de l'obus 30 kilogrammes environ) donne les résultats suivants :

DÉRIVATIONS

	avec charge de 2 kilog. de poudre.	avec charge de 1 kilog. de poudre.
	($v = 297^m$)	($v = 200^m$)
à 376 mètres.	$0^m,11$	$0^m,54$
753 mètres.	$0^m,41$	$1^m,53$
1129 mètres.	$1^m,25$	$4^m,10$
1506 mètres.	$2^m,45$	$7^m,75$

On voit que la dérivation, à égalité de distances, augmente quand la vitesse initiale et la vitesse de rotation diminuent ensemble, les autres éléments restant constants.

2° Le canon rayé de 24 prussien tiré à la charge de 1 kilogramme, et le canon rayé de 6, à la charge de 250 grammes, ont à peu près les mêmes vitesses initiales : la vitesse de rotation du projectile de 24 est la moitié de celle du projecile de 6. Les dérivations sont les suivantes :

Portées.	Canon de 24.	Canon de 6.
376 mètres.	$0^m,54$	$0^m,63$
753 mètres.	1 ,53	2 ,68
1129 mètres.	4 ,10	6 ,81
1506 mètres.	7 ,75	14 ,00

La dérivation augmente lorsque la vitesse de rotation augmente, celle de translation restant constante.

3° Le boulet de 4 français (calibre 86 1/2, poids 4^k., pas $2^m,25$ ou 26 calibres), tiré avec une vitesse initiale de 325 mètres fait 140 tours, par seconde (vitesse à la circonférence $40^m,21$). Le boulet de 4 prussien

(calibre 78, poids 4 1/2 kilog., pas 3^{m},768 ou 48 calibres), tiré avec une vitesse initiale de 370 mètres, fait 100 tours seulement par seconde (vitesse à la circonférence 24^{m},01).

Le premier dérive de.	1^{m}	à 500	mètres.
—	5^{m}	à 1000	—
—	27^{m}	à 2000	—
—	81^{m}	à 3000	—

Le second dérive beaucoup moins; il est vrai que sa vitesse de translation est encore 195 mètres à 3 000 mètres, tandis qu'elle n'est que 150 mètres pour le projectile français. A 4 000 mètres, le boulet prussien a encore plus de vitesse que le français à 3 000 mètres.

4° L'obus de 24 français a 148,5 millimètres de diamètres et 295 millimètres de longueur; il pèse tout chargé 24 kilog. Tiré avec 2^{k},500 et 2 kilog. de poudre dans les canons de siége, il prend des vitesses initiales de 300 et 275 mètres environ, et par suite des vitesses de rotation de 77 et 70 tours par seconde. — L'obus de 24 prussien a 149 millimètres de diamètre et 310 millimètres environ de longueur; il pèse tout chargé 28 kilogrammes. Tiré avec 2 kil. et 1 kil. de poudre, dans les canons de siége, il prend des vitesses initiales de 297 et 200 mètres, et par suite des vitesses de rotation de 32 et 21 tours par seconde.

Voici les dérivations de ces projectiles qui ont à peu près les mêmes dimensions et diffèrent par la forme et l'équilibrage :

Dérivations.	*Obus français.*	*Obus prussien.*
Charge de 2^{k},500 à 400 mètres.	0^{m},65	
— à 1100 mètres.	5 ,05	
— à 1500 mètres.	10 ,10	
Charge de 2^{k},000 à 400 mètres.	1 ,00	0^{m},13
— à 1100 mètres.	7 ,50	1 ,24
— à 1500 mètres.	14 ,20	2 ,45
Charge de 1^{k},000 à 1100 mètres.	15 ,00	4 ,10

On voit qu'avec des charges plus faibles et des angles de tir plus grands, l'obus prussien, grâce à sa forme et à son équilibrage, dérive beaucoup moins que l'obus français.

5° L'obus oblong de 4 français, l'obus ordinaire de 10 Whitworth et l'obus allongé de 10 Whitworth donnent les résultats suivants :

	4 obus oblong français.	10 ordinaire Whitworth.	10 allongé Whitworth.
Poids de l'obus.	4^{k},035	4^{k},502	6^{k},950
Calibre de l'obus.	84 mill.	68,83 mill.	68,83 mill.
Longueur de l'obus. . .	160 mill.	228 mill.	343 mill.
Vitesse initiale.	325 m.	371^{m},5	329 m.
Nombre de tours par 1″.	140	265	235
Dérivation à 2000^{m}. . .	27 m.	3^{m},50	— 0^{m},70
— à 3000^{m}. . .	81 m.	11^{m},40	— 6^{m},92

La dérivation de l'obus ordinaire Whitworth est extrêmement faible, et celle de l'obus allongé est négative, grâce certainement à la position du centre de la résistance de l'air et à la petitesse relative de l'angle φ pour le tir sous de petits angles.

Ce fait du changement de sens de la dérivation est intéressant; il se produit par un simple allongement de l'obus, puisque l'obus ordinaire et l'obus allongé se tirent dans le même canon. Il démontre l'inexactitude de l'explication de la dérivation donnée par M. Faye[1], lorsqu'il attribue cette dernière à une action de gouvernail exercée par les flancs obliques des ailettes qui frappent l'air condensé au-dessous du projectile et raréfié au-dessus; les angles tordus en hélice de l'obus Whitworth agiraient bien plus énergiquement dans ce sens que les faibles saillies des ailettes des obus français.

Il faut, du reste, reconnaître que les projectiles de M. Whitworth n'étant pas exactement des solides de révolution, la résistance de l'air peut agir d'une façon un peu différente que pour les obus oblongs ordinaires.

6° Voici quelques dérivations du même projectile, l'obus oblong de 24 français, tiré dans diverses conditions :

a D'abord avec la même charge (2^k,500), les portées seules variant :

A 500 mètres	1^m,05
1000 mètres	4^m,10
1500 mètres	10^m,10
2000 mètres	20^m,70
3000 mètres	63^m,00
4000 mètres	141^m,50
5000 mètres	310^m,00

On remarquera avec quelle rapidité les écarts augmentent.

b Tir sous le même angle (24°) avec des charges de poudre variables :

A 500 mètres,	charge de	0^k,284	dérivation	13^m,00
1000	—	0 ,524	—	33 ,40
1500	—	0 ,758	—	53 ,50
2000	—	0 ,992	—	73 ,70
2500	—	1 ,238	—	96 ,90
3000	—	1 ,523	—	122 ,00

La dérivation augmente beaucoup plus vite que les charges.

c Tir à la même distance (1500 m.) sous divers angles :

Angle de	8°,	charge de	1^k,727	dérivation	14^m,90
—	12°,	—	1 ,225	—	24 ,50
—	16°,	—	0 ,985	—	33 ,80
—	20°,	—	0 ,845	—	43 ,00
—	24°,	—	0 ,758	—	53 ,50

1. *Académie des Sciences*, comptes rendus, tome LXXI. 7 novembre 1870.

Je bornerai ici ces exemples qui suffisent pour faire comprendre le jeu des dérivations.

Portées et effets des projectiles oblongs. — L'adoption des canons rayés a modifié complétement les conditions militaires d'emploi de l'artillerie, aussi bien pour les campagnes et les siéges que pour les batailles navales. Les généraux, les gouverneurs et les constructeurs de places fortes, les marins et les constructeurs de navires de guerre doivent maintenant compter avec la plus grande justesse, la plus grande pénétration et les plus grandes portées des projectiles actuels.

Il n'entre pas dans mon programme de donner ici des renseignements complets sur ces points, et je veux seulement citer deux faits :

La Confédération allemande du Nord et la Russie possèdent, depuis 1869, un canon de calibre de 279 mill. 4 qui lance un projectile de 225^k. capable de traverser à 1200 mètres de distance une épaisseur de 305 mill. de fer et de 916 millimètres de bois de chêne, en conservant encore ensuite une vitesse notable.

Le canon de 12 Whitworth, lançant un projectile de 5^k,400 environ avec 800 grammes de poudre anglaise, a obtenu à 35° une portée dépassant 9000 mètres. Le canon de 10 du même constructeur essayé au camp de Châlons, et lancant un projectile de 4^k,592 avec 800 grammes de poudre française, a donné sous l'angle de tir de 37° 7′ 5″ une portée de 7 500^m avec un angle de chute de 44° 16′ 7″; cette portée est à peu près celle maximum possible avec cette pièce, comme on le voit par l'angle de chute. Ce même canon à 30° donne une portée de 6 890 mètres, tandis que le canon de 4 français ne donne que 4100 mètres. L'obus Whitworth ne s'élève qu'à 187 mètres de hauteur verticale au milieu d'une trajectoire de 3 500 mètres, tandis que l'obus français s'élève à 420 mètres; la tension de la trajectoire est donc bien plus grande pour le premier et les espaces battus bien plus grands.

Quant aux gros canons de marine, je puis seulement dire que la portée de l'obus français de 27 centimètres (pesant 144 kilog.), tiré à la charge de 1/6, est d'après les tables de tir 8 000 mètres environ, l'angle de tir est 36° 54′ et celui de chute 45° 19′; elle atteindrait probablement 8 500 mètres avec une inclinaison un peu plus forte. Mais les obus prussiens et russes de mêmes dimensions, dont les poids sont plus considérables, tirés avec des canons se chargeant par la culasse et des gargousses de poudre prismatique, ont certainement des portées supérieures de 2 000 à 3 000 mètres, grâce à leurs grandes vitesses initiales. Ces grandes portées sont peu étudiées et peu connues; car elles ne peuvent être utiles que pour le tir de bombardement à grande distance contre des buts très-étendus.

Les projectiles oblongs ricochent ordinairement, quand l'angle de chute est moindre que 15°; mais leur premier bond, quand ils n'éclatent pas, a

une amplitude et une déviation telle, que le second point de chute est rarement utile. Il ne faut guère compter sur le tir à ricochet avec ces projectiles [1].

CHAPITRE IV.

Projectiles de l'artillerie française.

Système ancien. — Avant l'adoption de l'artillerie rayée, les projectiles employés par notre armée et notre flotte étaient les suivants (en ce qui concerne seulement les boulets, obus et bombes) :

Artillerie de campagne.

Boulets ronds de 12 et de 8 livres.
Obus ronds de 12 et 16 centimètres.

Artillerie de place, siége et côte.

Boulets ronds de 30, 24, 16 et 12 livres.
Obus ronds de 15 et 22 centimètres.
Obus rond de côte de 22 centimètres.
Bombes de 27 et 32 centimètres.
Bombe de côte de 32 centimètres.

Artillerie navale.

Boulets ronds de 50, 36, 30, 24, 18 et 12 livres.
Boulets creux de 27, 22, 19, 17 et 15 centimètres.
Boulets creux percutants de 22, 16, 15 et 13 centimètres.
Grenade de 8 centimètres.

Je ne parle point des boîtes à mitraille, ni des balles en fonte ou en fer.

Système actuel. — Lorsque la guerre actuelle a commencé, l'artillerie était en train de se transformer; on employait à la fois des projectiles ronds et des projectiles oblongs.

Voici, d'après les règlements officiels, notre système de projectiles en 1869 :

1. Pour compléter ce qui précède, il faudrait examiner l'influence du vent sur le mouvement des projectiles oblongs, celle des défauts de centrage, celle de la rotation de la terre. Mais je me contenterai de renvoyer le lecteur à l'ouvrage, déjà cité, de M. Martin de Brettes, ou au *Traité de balistique* de M. Hélie, 1865. Dumaine.

Artillerie de campagne.

Obus oblongs ordinaires de 4 et de 12, pesant tout chargés respectivement 4k,035 et 11k,500.

Obus oblongs à balles de 4 et de 12, pesant 4k,523 et 11k,790.

Boîtes à mitraille pour canons rayés de 4 et de 12, pesant 4k,725 et 11k,220.

Boulet rond de 12, pesant 6 kilog.

Obus rond ordinaire de 12, pesant 4k,125.

Obus rond à balles de 12, pesant 5k,325.

Boîte à mitraille pour canon obusier de 12, pesant 7k,430.

Obus rond de 16 centimètres, pesant 11k,300.

Boîte à mitraille pour obusier de 16 centimètres, pesant 11k,500.

Artillerie de siége et de place.

Obus oblong ordinaire de 24, pesant 24k,030.

Obus oblong à balles de 24, pesant 23k,716.

Boîte à mitraille pour canon rayé de 24, pesant 23k,900.

Boulet rond de 16, pesant 8 kilog.

Boîte à mitraille pour canon lisse de 16, pesant 11k,160.

Obus rond de 22 centimètres, pesant 23k,200.

Boîte à mitraille pour obusier de 22 centimètres, pesant 19k,574.

Artillerie de côte.

Obus ogivo-cylindrique de 30, pesant 31k,490.

Boîte à mitraille pour canon rayé de 30, pesant 13k,600.

Obus rond de côte de 22 centimètres, pesant 26k,300.

Boîte à mitraille pour obusier de côte de 22, pesant 32k,360.

Mortiers (projectiles pour).

Bombe ordinaire de 32 centimètres, pesant 75k,550.

Bombe de côte de 32 centimètres, pesant 94 kilog.

Bombe ordinaire de 27 centimètres, pesant 51k,550.

Obus ronds de 22 et 15 centimètres, pesant 23k,200 et 7k,560.

Appareils Moisson pour mortiers de 32, 27, 22 et 15 centimètres, servant à lancer des obus de 12 ou des grenades de 8 centimètres.

Appareils à tige cannelée pour mortiers de 32, 27 et 22 centimètres, servant à lancer des boulets ronds de 8, 6 et 4.

Boîtes à boulets, à balles ou à caffuts pour mortiers de 32, 27, 22 et 15 centimètres, contenant des boulets de 8, 6 ou 4, des balles n° 1 ou n° 2, etc.

Balle à feu pour mortier de 22 centimètres.

Artillerie navale.

Obus ogivo-cylindrique ordinaire de 14 centimètres, pesant 18k,650.
Boîte à mitraille de 14 centimètres, pesant 8k,580.
Obus ogivo-cylindrique ordinaire de 16 centimètres, pesant 31k,490.
Boulet de rupture de 16 centimètres, pesant 45 kilog.
Boîtes à mitraille de 16c, pesant 20k,500 et 13k,600.
Obus ogivo-cylindrique ordinaire de 22c, pesant 79k,800.
Boîtes à mitraille de 22c, pesant 39k,500 et 31k,100.
Obus ogivo-cylindriques ordinaires de 19c (53 kilog.), de 24c (100 kilog.) et de 27c, (144 kilog.)
Boulets de rupture de 19c (75k), de 24c (144k) et de 27c (216 kil.).
Boîtes à mitraille de 19c (28k,500), de 24c (54k,500) et de 27c (126 kil.).

A cette série de projectiles réglementaires, il faut encore ajouter ceux destinés à des pièces à l'étude mises brusquement en service pendant le siége de Paris, savoir :

Obus oblong ordinaire de 8, à ailettes.
Obus oblong à balles de 8, à ailettes.
Boîte à mitraille de 8, à ailettes.
Obus oblong ordinaire de 8, à enveloppe de plomb.
Obus oblong à balles de 8, à enveloppe de plomb.
Obus cylindrique de 7, à enveloppe de plomb.
Obus ogivo-cylindrique de 24, à enveloppe de plomb.
Obus à balles de 24, à enveloppe de plomb.

Je ne parle point des systèmes divers proposés ou expérimentés par des inventeurs.

En résumé, actuellement la série complète des projectiles de l'artillerie française comprend :

5 modèles de boulets pleins ronds (4, 6, 8, 12, 16).
6 modèles d'obus ronds ordinaires (8c, 12c, 15c, 16c, 22c, 22c, 22cc.).
1 modèle d'obus rond à balles (12c).
3 modèles de bombes (27c, 32c, 32cc.).
4 modèles d'obus oblongs à ailettes, ordinaires (4, 8, 12, 24).
4 modèles d'obus oblongs à ailettes, à balles (4, 8, 12, 24).
3 modèles d'obus oblongs à enveloppe de plomb (7, 8, 24).
7 modèles d'obus ogivo-cylindriques à tenons (30c, 14c, 16c, 19c, 22c, 24c, 27c).
4 modèles de boulets de rupture (16c, 19c, 24c, 27c).
17 modèles de boîtes à mitraille.
4 modèles d'appareils Moisson.
3 modèles d'appareils à tige cannelée.
4 modèles de boîtes à boulets, à balles ou caffuts.

5 modèles de balles rondes en fonte.
1 modèle de balle en fer.
3 modèles de balles rondes en plomb.
1 modèle de balle ronde en zinc.

75 projectiles différents en tout.

Sans compter ceux des armes portatives et des canons à balles (mitrailleuses).

On comprend que la fabrication, la réception, le magasinage et la distribution d'un aussi grand nombre de types différents doivent nécessiter des soins techniques et administratifs nombreux et importants.

DEUXIÈME PARTIE.

DE LA FABRICATION DES PROJECTILES.

CHAPITRE PREMIER.

Fontes de moulage pour projectiles.

Ne voulant pas entrer ici dans l'exposé de généralités sur le moulage, je me contente de résumer les instructions officielles données en France par le ministère de la Marine aux fonderies qui fabriquent les projectiles pour la flotte; elles ont été rédigées avec la participation de M. Maillart, officier supérieur d'artillerie de Marine et directeur de la fonderie de Nevers.

Les projectiles ronds seront fabriqués en première ou en deuxième fusion au choix des fournisseurs. Dans l'un, comme dans l'autre cas, la fonte devra être coulante, grise ou truitée; les fontes limailleuses, blanches ou brûlées seront rebutées. On emploiera, du reste, soit des fontes au bois ou au coke, soit un mélange des deux espèces. La nuance moyenne doit être d'un gris clair, grain fin ou grain moyen, assez douce pour être facilement taraudée. Il ne faut pas couler trop chaud pour éviter les ravalements.

Nulle fonte ne pourra être convertie en projectiles, si elle ne satisfait aux conditions suivantes : un barreau de fonte de quatre centimètres d'équarrissage et de vingt centimètres de longueur devra supporter sans se rompre le choc d'un boulet du poids de douze kilogrammes tombant librement de la hauteur de cinquante centimètres (pour les projectiles ronds, cinquante-deux pour les projectiles oblongs), mesurée du dessous du boulet au-dessus du barreau.

Les barreaux d'essai seront coulés debout, dans un moule en sable passé au noir liquide et étuvé, avec une masselotte de même équarrissage, longue de dix centimètres, joignant le bout du barreau proprement dit par un étranglement qui permette de l'en séparer par un coup de marteau.

Le barreau étant parfaitement dépouillé, visité et vérifié, on procède

à l'épreuve de la manière suivante : on pose le barreau horizontalement sur une enclume en fonte surmontée de deux chenets triangulaires et parallèles, ménagés dans le moulage et espacés de seize centimètres de sommet en sommet. On laisse tomber librement de la hauteur prescrite un boulet de douze kilogrammes exactement sur le milieu du barreau et de l'écartement des chenets. Pour cela, le boulet est suspendu, au moyen d'un piton dont il est armé, par une ficelle que l'on coupe avec des ciseaux. L'enclume est enterrée aux trois quarts dans le sol, que l'on a damé régulièrement et fortement. Ses dimensions sont : 32 cent. de longueur, 8 de large et 5 de hauteur; les chenets triangulaires ont 4 centimètres de base et 4 de hauteur. Lorsqu'un barreau se brisera sous la chute d'épreuve, on examinera si cela ne tiendrait pas à quelques imperfections, telles que soufflures ou amas de crasse; dans ce cas, on considérera l'épreuve comme nulle, et on la recommencera sur un autre barreau.

En outre, la fonte employée à la fabrication des projectiles creux devra être telle que l'obus de 16 centimètres, muni d'une fusée ordinaire, n'éclate pas avec une charge moindre de 280 grammes de poudre de guerre, donnant au mortier-éprouvette une portée d'au moins 225 mètres.

Ces diverses conditions sont assez aisées à remplir, lorsqu'on peut choisir les fontes ou les minerais; mais elles peuvent devenir irréalisables, lorsque le fondeur n'a à sa disposition que des bocages et des gueuses non appropriées. Ce cas s'est présenté pendant le blocus de Paris; les fondeurs de projectiles ont eu à lutter contre deux difficultés graves, surtout pour les projectiles des canons de 7. D'une part, les fontes de mélange un peu grises qu'ils pouvaient obtenir avec des vieux bocages de chemins de fer, des caffuts de l'artillerie, quelques gueuses truitées ou grises serrées, anglaises ou françaises, ne présentaient pas la résistance nécessaire; d'autre part, s'ils arrivaient à cette résistance en augmentant la proportion de fonte truitée, le métal devenait dur et presque rebelle à l'outil. Il a fallu beaucoup de soins et de recherches de fontes pour arriver à fabriquer la quantité considérable de projectiles qui a été faite à Paris. On a essayé sans succès de recuire les obus après leur coulée avant de les tourner; cette opération coûteuse diminuait trop leur résistance. On a aussi employé un autre tour de main qui consiste à mêler avec la fonte, au moment de la coulée, une petite quantité d'étain, ce qui rend à la fois la fonte plus tenace et plus douce à l'outil, en transformant une partie du carbone combiné en graphite ou en carbone libre.

CHAPITRE II.

Projectiles sphériques.

Boulets sphériques pleins. — Le moulage en sable en est simple et se comprend aisément; on coule deux ou quatre boulets dans un même châssis [1]. Puis on ébarbe et on cisèle à froid et avec soin à la couture et à la cassure du jet. Ensuite on les lisse à blanc pendant au moins 3 heures, en les roulant dans un tonneau en fonte tournant sur son axe, et dont la vitesse ne doit pas être supérieure à 15 tours par 1'. Le lissage a pour but de désabler et de déceler les soufflures situées près de la surface. — Ils sont alors soumis à une première visite.

Tous les boulets qui ont satisfait à cette première visite sont, dans un délai de 8 jours, chauffés au rouge cerise dans un four à réverbère, puis rebattus sous des marteaux battant au moins 180 coups à la minute, chaque boulet recevant au moins 120 coups. Le rebattage a pour but de polir la surface. Beaucoup d'officiers et de fondeurs le regardent comme inutile.

Après le rebattage, le boulet passe à la réception où il doit avoir un poids au moins égal à celui du boulet poli passant à la petite lunette, ne pas avoir de soufflures au delà des tolérances (4 1/2$^m/_m$ de profondeur ou de diamètre), passer dans la grande lunette en tous sens et ne pas passer dans la petite lunette (12 à 16/10 de millimètre de différence entre les deux diamètres suivant les calibres); enfin passer en roulant dans un cylindre du diamètre de la grande lunette et long de cinq calibres. Après quoi, on les poinçonne; on fait des pesées pour déterminer le poids moyen de chaque calibre, et la réception provisoire est terminée. La réception définitive se fait dans les arsenaux.

Balles en fonte. — L'artillerie emploie pour les boîtes à mitraille des balles en fonte.

n° 1	55$^m/_m$	600 gr.	n° 4	38$^m/_m$,5	200 gr.
n° 2	48	400 gr.	n° 5	33 ,5	130 gr.
n° 3	42	260 gr.			

Ces balles se fabriquent comme les boulets, douze à seize dans un même châssis. Après cassage des jets et ébarbage à froid, elles doivent être lissées à blanc, au moins pendant deux heures, dans un tonneau. Ensuite, pour les préserver de l'oxydation, on les recuit dans un four à recuire jusqu'à la couleur bleue. On peut par ce moyen les conserver

1. Voir pl. 23, fig. 1.

plusieurs années en magasin sans qu'elles soient attaquées fortement par la rouille. On procède à la réception provisoire et on les embarille pour la livraison.

Elles servent pour les mortiers et les pièces de siége.

Balles en fer. — Les boîtes à mitraille de l'artillerie de campagne renferment des balles en fer; il n'y en a qu'une dimension, c'est la balle n° 6, calibre 26.5, poids 70 grammes.

On les fait en fer forgé au rouge blanc et en une seule chaude entre deux étampes, soit à la main (une étampe emmanchée, l'autre fixée sur l'enclume), soit à la machine à emboutir. Chaque étampe présente en creux une calotte qui appartient à une sphère de même diamètre que la balle qu'on veut forger, et qui a pour hauteur le tiers de ce diamètre.

Balles diverses.— Dans l'obus à balles de 4 de campagne, il y a 80 balles de pistolet de gendarmerie (15$^{m}/_{m}$, 2 et 19^{gr}.) agglomérées au moyen du soufre fondu.

Dans l'obus à balle de douze, il y a 150 balles sphériques en plomb, de 16$^{m}/_{m}$,7 (27 grammes) dites de fusil d'infanterie.

Dans l'obus à balles de 24, il y a 150 balles en plomb sphériques de 20$^{m}/_{m}$ (60 grammes environ), balles de fusil de rempart, fixées par du soufre.

Dans l'obus à balles de 30 rayé, il y a 20 balles en zinc de 53 mill. de diamètre avec les intervalles remplis de sciure.

Je ne dirai rien de la fabrication de ces petits projectiles.

Grenades et obus sphériques. — La fabrication se fait de même, qu'il s'agisse des grenades (81$^{m}/_{m}$) pesant seulement 1 kilog., ou de l'obus de côte (22$^{c}/_{m}$), pesant 25 kilogrammes.

On moule le projectile en sable vert dans un châssis composé de deux parties au moyen d'un modèle formé de deux *demi-globes* en fonte ajustée [1] : l'un qui a la feuillure en relief et qui porte une poignée intérieure est le *demi-globe mâle;* l'autre est le *demi-globe femelle.* Il est traversé par le *faux arbre* qui sert à le fixer à la *barrette* transversale du châssis. Le *noyau d'évidement* se fait, également en sable, dans une boîte à noyau en cuivre ou en fonte ayant intérieurement la forme et les dimensions exactes du noyau à confectionner; il est monté sur une *lanterne* [2] en fer creux percé de trous, qui peut venir se claveter ou s'agrafer sur la barrette du châssis comme le faux arbre du modèle. Cette lanterne sert à l'échappement des gaz. Le noyau est mis au noir au moyen d'un enduit, et bien séché à l'étuve. On coule les obus par l'équateur,

1. Voir pl. 23, fig. 2.
2. Voir pl. 23, fig. 4.

l'œil étant en bas [1]. Dès que la fonte du jet est coagulée, on retourne le moule ou plutôt le châssis sens dessus dessous, afin d'éviter l'*avalement* ou la *dépression* qui se produirait à la partie supérieure de la fonte encore liquide, par l'effet de la compression du sable en bas et de la présence des gaz en haut. Pour les boulets pleins on le fait deux fois, afin que le centre de gravité coïncide avec le centre de figure.

Lorsque la fonte est solidifiée, on desserre le châssis et on enlève la partie supérieure. Puis l'ouvrier engage l'extrémité de la lanterne ou *arbre à noyau* dans la mortaise d'un tourne-à-gauche qu'il fait tourner pour arracher cette lanterne.

Puis on râpe le tour de l'œil pour enlever les bavures; on commence l'*alésage* à chaud au moyen d'un *alésoir* [2] conique en fonte blanche à 6 ou 8 pans et d'un tourne-à-gauche. Puis on laisse les projectiles se refroidir dans le châssis inférieur; on les retire avec un crochet et on casse le jet.

Les projectiles froids sont livrés aux ébarbeurs qui les emportent à la râperie. Là on ébarbe en coupant le jet et en rebattant la couture; on le vide. Puis on effectue l'alésage de l'œil, soit à la main, soit avec une petite machine verticale. Enfin, au moyen d'une fraise conique [3], on fait un léger chanfrein sur l'arête circulaire de l'œil pour qu'elle soit moins sujette à s'égrener.

On fait une première visite du projectile avant l'ébarbage, et la réception s'effectue après toutes les opérations; elle s'effectue à peu près comme pour les projectiles pleins : seulement on vérifie en plus les épaisseurs des parois, les dimensions du haut et du bas des lumières.

Dans certains obus sphériques à balles, il y a un trou de charge indépendant de l'œil sur l'équateur [4]; il s'obtient aisément au moyen d'une portée et d'un petit noyau.

Bombes. — Le moulage des trois espèces de bombes : 32^c^ (90 kil.), 32^c^ (72 kil.) et 27^c^ (49 kil.), s'effectue tout à fait comme celui des obus. Il faut seulement faire venir de fonte les mentonnets et placer les anneaux [5]. Ceux-ci sont en fil de fer de bonne qualité avec une partie droite, afin qu'ils se rabattent bien sur la bombe; on les met dans le sable du châssis à leur place en ayant soin de les garnir de terre étuvée. Les modèles des mentonnets sont adaptés au demi-globe femelle, et ils se divisent en 2 morceaux qui restent dans le sable quand on démoule ce demi-globe; on les retire ensuite l'un après l'autre. Le renmoulage se fait sans difficulté. La coulée, l'ébarbage et la réception se font comme nous venons de le dire.

1. Voir pl. 23, fig. 3.
2. Voir pl. 23, fig. 5.
3. Voir pl. 23, fig. 6.
4. Voir pl. 23, fig, 7.
5. Voir pl. 23, fig. 3, 4 et 8.

Le noyau d'une bombe n'est pas sphérique; il porte en haut un méplat qui réserve dans le moule la place du *sabot* de la bombe opposé à l'œil.

Dans tous ces moulages sphériques, la ligne des pôles doit être un peu plus courte que le diamètre de l'équateur, attendu que le poids de la fonte introduite dans le moule comprime le sable vers le bas et agrandit légèrement ce moule dans le sens des pôles.

CHAPITRE III.

Projectiles oblongs.

Obus oblongs ordinaires et à balles, de l'artillerie de terre. — Ces projectiles ont une forme cylindro-ogivale, ou cylindro-parabolique, si on peut parler ainsi. Ce sont des solides de révolution, qui ont un culot aplati se raccordant avec la partie cylindrique, au moyen d'un faible congé, et une pointe tantôt ogivale tangente à la génératrice du cylindre, tantôt parabolique et faisant un certain angle avec ces génératrices, comme dans le projectile de 24. La pointe est toujours tronquée autour de la lumière. Le vide intérieur est tel que l'épaisseur du métal est beaucoup plus considérable à la pointe, ce qui assure la stabilité du projectile et lui donne une plus grande pénétration; au culot le vide intérieur est concave, de façon que ce culot puisse se briser en plusieurs morceaux[1]. — Ces obus oblongs sont guidés au moyen de douze tenons ou *ailettes* en zinc laminé, placés deux à deux sur chacune des six lignes inclinées correspondant aux six rayures du canon. Ces ailettes sont fixées et ajustées, ainsi que je le dirai tout à l'heure. Sur le projectile venu de fonte, il existe seulement douze logements circulaires à fond plus large que l'entrée pour retenir le talon des ailettes. Autrefois, on moulait le projectile sans ces douze évidements; maintenant on les fait venir de fonte. On emploie pour cela un procédé de moulage fort ingénieux, imaginé par M. Fourcaut, contrôleur d'artillerie, sous la direction de M. le commandant Solignac, inspecteur des forges de l'artillerie[2]. Le châssis est en 4 parties : la partie inférieure pour la pointe, les deux intermédiaires pour le corps cylindrique de l'obus, la partie supérieure pour le culot. Le modèle, assez compliqué d'apparence, se décompose pendant le travail en huit anneaux ou rondelles. Il se place dans le châssis avec les noyaux déjà mis dans les endroits du modèle correspondant aux alvéoles; par le foulage du sable, ces noyaux se raccordent avec le moule; et en démoulant, à l'aide des pièces mobiles du modèle, ils restent en place.

1. Voir pl. 23, fig. 9, 10 et 11.
2. Voir pl. 24, fig. 1, 2 et 3.

Le noyau d'évidement se fait avec une lanterne en fer creux, aussi au moyen d'une boîte à noyaux, où l'on foule le sable : on le sèche soigneusement à l'étuve et on l'enduit au noir. Le renmoulage se fait en ayant soin de bien centrer le noyau. La coulée se fait en source, le projectile étant placé debout avec la lumière en haut. Aussitôt le métal solidifié, on déballe le projectile et on extrait la lanterne avec un tourne-à-gauche. Ensuite le projectile passe à l'atelier de finissage; là on le désable, soit à la main avec des râpes en fonte, soit avec des brosses mécaniques rotatives en fil de fer; on l'ébarbe, soit au marteau à main, soit (comme M. Lepainteur) avec un marteau frappeur Shaw et Justice de 8 à 10 kil. Le martelage détache le sable à l'intérieur et prépare le débourrage. On aplatit les bavures en martelant le boulet qui est placé dans un tas en fonte ayant 2 logements, un demi-cylindrique et un demi-ogival, quand on opère à la main, ou dans une sorte d'étampe quand on opère mécaniquement; les coutures disparaissent. On débourre avec un crochet. On burine la bavure du culot s'il y a lieu; on nettoie avec un outil spécial l'angle rentrant des alvéoles.

Alors vient la première réception : passage aux lunettes, vérification de l'épaisseur du culot, vérification de l'épaisseur des parois latérales, vérification de l'inclinaison des alvéoles.

Puis l'alésage du trou de chargement avec un alésoir vertical.

Puis le taraudage avec une machine à tarauder horizontale (le taraud reste dedans et on le change à chaque projectile), ou à la main. On ne plane pas l'about qui, restant brut, se rouille moins vite.

Après quoi vient la pose des ailettes en zinc laminé embouti, à la main et au marteau; puis l'estampage des ailettes, au moyen d'une sorte de poinçonneuse, ou bien au marteau. L'obus se trouve alors fini et passe à la 2ᵉ réception : passage dans une lunette ou dans un tube rayé, au minimum de diamètre; vérification de l'alésage avec une mère.

Cette fabrication délicate, surtout à cause des faibles tolérances, est très-intéressante à suivre. (M. Lepainteur l'a installée fort heureusement dans diverses fonderies de Paris avec le matériel de la fonderie d'Evreux, et il a fabriqué pendant le siége un nombre très-considérable d'obus ordinaires et d'obus à balles pour les calibres de 4, 6, 8, 12 et 24[1]).

Les obus à balles ont les parois plus minces et la pointe plus obtuse, afin qu'ils puissent contenir un plus grand nombre de projectiles[2].

1. Pendant le siége de Belfort, un jeune ingénieur civil, M. Bornèque-Japy, a réussi à fabriquer dans la place, des obus de 4 et de 12 sans avoir l'outillage Fourcaut, en imaginant un système plus ou moins analogue au procédé Maillart. Mais il n'a pu arriver à vaincre complétement les difficultés provenant de la mauvaise qualité des bocages qu'il avait à sa disposition comme matières premières. Les obus avaient souvent des soufflures profondes faisant communiquer la chambre d'éclatement avec l'extérieur, surtout vers la pointe, et éclataient par suite souvent prématurément.

2. Voir pl. 23, fig. 12.

Il me reste à expliquer quelle forme ont les ailettes qui servent à guider le projectile. Leur logement est rond, parce que cette forme s'obtient plus aisément que les autres; mais l'important est le profil, qui correspond à celui de la rayure du canon. Ces rayures sont *concentriques*, c'est-à-dire à fond concentrique à l'âme; elles ont un *flanc directeur*, incliné de 20° sur la tangente et un *flanc de chargement* formant un angle de 90° avec le précédent. Les ailettes ont une forme analogue : il reste du vent au fond de la rayure et contre le flanc de chargement. Le boulet s'introduit par la bouche du canon et entre guidé par le flanc de chargement, mais il sort guidé par le flanc de départ. On a fait de nombreuses expériences sur la meilleure forme des ailettes et des rayures au point de vue du frottement et de la fatigue des canons : je ne puis même les indiquer, malgré leur intérêt; on les trouvera exposées dans le *Mémorial d'artillerie*, tome VIII, 1867.

Obus ogivo-cylindriques de l'artillerie navale. — Ces projectiles ont une forme différente; la pointe forme complétement l'ogive. Il ne faut pas perdre de vue qu'ils ont été étudiés pour l'artillerie des vaisseaux et non pour celle des forteresses[1]. Leur vide intérieur a aussi une forme différente; il y a beaucoup de fonte vers la pointe, le noyau ayant tout à fait la forme d'une bouteille. Le guidage aussi est différent; attendu que les rayures sont paraboliques, et par suite à inclinaison variable, il ne peut y avoir deux ailettes (*ou tenons*) dans la même rayure. Le guidage ne se fait que par une couronne de tenons placés à peu près à la hauteur du centre de gravité : trois pour les calibres 14 et 16, cinq pour les calibres 19, 22 et 24. La forme de la rayure et par suite celle des tenons varient avec les différents modèles.

Dans l'obus oblong de 16c, modèle 1862, tiré avec la rayure 1860, à *anse de panier*, on emploie des tenons en zinc laminé, ayant la forme indiquée pl. 25, fig. 2 et 3.

Mais comme le projectile ne se tiendrait pas en équilibre, il faut des *plaques isolantes* vers l'arrière, une par rayure; elle ne remplit pas la rayure, et sert à centrer le projectile et à l'empêcher de battre dans l'âme. Au fond de l'âme, la plaque se trouve appuyée en partie dans l'âme et en partie dans la rayure. Les plaques isolantes sont aussi en zinc (voir pl. 25, fig. 4). Enfin, outre ces tenons et ces plaques, il y a aussi, lorsque le boulet est destiné à un canon se chargeant par la culasse, trois *boutons d'arrêt* (voir pl. 25, fig. 5) qui entrent dans des *rainures*[2] pratiquées dans les cloisons et qui servent à retenir le projectile aux deux positions corespondantes aux charges employées; ces boutons en zinc sont ronds ($12^{m}/_{m}$ de diamètre et $2^{m}/_{m}$,25 de saillie). Ces mêmes

1. Voir pl. 25, fig. 1.
2. Voir pl. 25, fig. 6.

projectiles reçoivent au culot une ganse de fil de laiton, afin qu'on puisse les retirer quand ils sont mal engagés.

L'obus ogivo de 24° porte à l'avant cinq tenons en cuivre rouge remplissant les rayures, et à l'arrière cinq tenons oblongs en bronze monétaire. Il y a en outre les boutons d'arrêt et la ganse.

Dans d'autres calibres, les tenons ont une forme plus compliquée et comprennent une partie qui remplit la rayure et une autre partie qui est destinée à forcer entre l'âme lisse et le projectile [1].

Pendant le siége de Paris, on a fait des obus à balles pour la marine; leur forme extérieure est la même que celle des obus ordinaires: il faut mettre le doigt dans l'œil pour les reconnaître, l'épaisseur du métal y est beaucoup moindre.

Les obus de la marine se moulent par un procédé différent de celui employé pour les obus de la guerre, procédé ingénieux imaginé par M. Maillart, capitaine (maintenant colonel) d'artillerie de marine, et ancien élève de l'école de Châlons [2]. Le châssis employé est en trois pièces : une pour la pointe, une pour la partie cylindrique et une pour le culot. Le modèle se décompose en trois parties correspondantes: il est muni pour chaque encastrement que doit présenter le projectile en fonte (17 pour le calibre 24°) d'une portée destinée à placer un noyau d'encastrement. Les portées relatives aux tenons, aux plaques isolantes, aux boutons d'arrêt, sont ajustées à frottement dans l'épaisseur des parois du modèle et peuvent rentrer à l'intérieur, de façon à permettre le démoulage. Vu le poids du modèle, cette opération se fait avec un vérin ou un levier qu'on installe sur le bord de la partie supérieure du châssis. Une fois le démoulage effectué, il faut mettre en place les noyaux qui ont été préparés d'avance au moyen de petites boîtes à noyau en fonte (ces boîtes ont à peu près toutes la même forme) et qu'on étuve avec soin; ces noyaux se placent à la main dans les logements des portées. Il en est de même pour les noyaux des deux trous en demi-tore qui doivent être ménagés dans le culot pour faire passer la ganse en fil de laiton. On renmoule en plaçant le noyau d'évidement préparé comme de coutume, et on coule en source la lumière en haut. On déballe en cassant la tête de l'évent; on enlève l'arbre à noyau. On burine, en coupant la masselotte et le talon de coulée: puis on alèse la lumière, en même temps qu'on plane sa tranche avec un alésoir vertical muni d'une lame en retour d'équerre. On taraude, on place les plaques et les tenons uniquement au marteau (la marine ne veut pas de machines), et on les ajuste à la lime. On comprend que leur prix soit élevé.

Le procédé Maillart a été employé aussi pour les obus de la guerre (4 et 12); mais il n'est pas commode, parce que le diamètre est trop petit

1. Voir pl. 25, fig. 7 et 8.
2. Voir pl. 26, fig. 4, 5, 6, 7, 8 et 9.

pour qu'on puisse aisément faire rentrer les portées à la main; il faut alors des dispositions mécaniques compliquées. De plus, comme la main remplit le moule, on ne voit pas comment on place les noyaux, et on peut les mal placer.

Obus cylindriques du canon de 7.— La fabrication du projectile du canon de 7 est très-simple comme moulage. La pièce de fonte est un cylindre creux, surmonté d'une calotte sphérique tronquée (voir pl. 25, fig. 12); on en moule 4 dans un même châssis carré en deux parties (une partie haute pour le corps du projectile et une partie basse pour le culot); on les coule debout, l'œil en haut, avec une coulée centrale qui aboutit aux quatre culots par 4 saignées dans le sable. Le projectile brut dessablé pèse environ 6 kilog.

Je viens de parler du moulage en sable; j'ajouterai que le moulage en lingotières paraît parfaitement applicable à ces projectiles aussi simples que des poids d'horloge.

Il faut maintenant ajuster l'obus et le garnir de l'enveloppe de plomb cannelée qui doit servir au forcement et au guidage dans les rayures du canon. La cannelure la plus voisine du culot a pour diamètre celui de l'âme au fond des rayures (88 millim.); les autres sont coniques et ont des diamètres décroissants jusqu'à 85 millimètres, diamètre de l'âme lisse; l'enveloppe de toutes ces cannelures est une surface conique engendrée par une tangente aux cannelures extrêmes. Il en résulte que le centrage parfait du projectile est assuré par le chargement même dans la chambre conique qui sert à raccorder l'âme rayée avec la chambre lisse de la gargousse. Les pleins de la rayure viennent se découper sur le plomb et impriment au boulet le mouvement de rotation. On comprend qu'il ne faut pas que l'effort, ainsi produit sur le plomb, l'arrache de la fonte; donc on ne peut employer des pas trop courts. On ne peut pas non plus employer de rayure à inclinaison variable ou parabolique.

Le projectile brut, étant ébarbé, passe à l'atelier d'ajustage. Là, on commence par le centrer, puis on alèse la lumière et on dresse le pourtour; on taraude la lumière; puis on met une fausse fusée bien centrée, et on fixe l'obus sur le tour où on le chariote grossièrement; on dresse le culot, on fait les deux encoches et on plane le culot et le bord inférieur. L'ajustage est alors terminé; on visse dans la lumière une tige de fer filetée à poignée, avec un petit trou pour laisser échapper l'air. Après quoi on procède au soudage et à l'ajustage de l'enveloppe en plomb, opérations que je décrirai un peu plus tard.

Le tournage des surfaces où doit être soudée l'enveloppe est une opération longue et coûteuse; il me paraît certain que, si la fabrication de ce type de projectiles doit continuer à Paris, on arrivera à supprimer cette partie du travail et à la remplacer, soit par un brossage ou meu-

lage mécanique et par un décapage plus complet, soit par un premier étamage par voie humide analogue aux étamages galvaniques employés ou essayés pour la poterie de fonte [1].

D'après ce que j'ai appris, on a fabriqué en province, pendant le siége de Paris, des obus de 7 à compartiments, c'est-à-dire dont la partie cylindrique était intérieurement divisée par des rainures en 24 morceaux; mais l'expérience a montré, paraît-il, que les obus ordinaires fournissaient plus de fragments que ces obus cloisonnés.

Obus oblongs prussiens. — Tous les obus prussiens pour canons rayés [2] sont à culot plat et présentent un corps cylindrique que surmontent d'abord une étroite zone tronconique, puis une pointe dont le profil varie un peu, mais qui est, pour l'artillerie de campagne, un ellipsoïde tronqué. Ces trois parties se succèdent d'ailleurs sans ressaut. Le corps cylindrique est formé en bas par le pourtour extérieur du culot; puis, sur le reste de la hauteur, par l'enveloppe en métal mou. Celle-ci porte un certain nombre de bourrelets saillants, en forme de bandes cylindriques, chanfreinées sur les angles; ce nombre varie suivant le calibre (c'est généralement 4 ou 5). Le premier bourrelet vers la pointe commence à la naissance même du cylindre; le dernier, plus large que les autres, affleure le pourtour du culot. L'enveloppe en métal mou se prolonge, au-dessus de la partie cylindrique du projectile, sur la partie tronconique, qui, dans le chargement, vient occuper le raccordement conique de l'âme. Le premier bourrelet se trouve ainsi porter contre l'entrée des rayures [3].

Le projectile, pour les canons de campagne, est formé d'un noyau en fonte et d'une enveloppe épaisse en plomb. Le noyau, d'un diamètre inférieur à celui de la bouche à feu, présente sur la partie cylindrique une sorte de mortaise destinée à recevoir l'enveloppe de plomb, et sur le

1. M. Severac, l'un des fournisseurs de la Commission du génie civil pendant le siége de Paris, a trouvé le moyen de se dispenser du tournage. Il plaçait les obus bruts dans un bain composé d'acides sulfurique et chlorhydrique étendus et mélangés; après une heure au moins d'immersion, il les brossait et les portait à l'étuve jusqu'à parfaite siccité. De là, ils passaient dans un bain de zinc pur recouvert de chlorhydrate d'ammoniaque où la galvanisation de la fonte s'opérait. Au sortir de ce bain, on les plaçait immédiatement dans les lingotières pour couler le plomb. Ce procédé très-économique a fourni des projectiles dont le plombage était parfait.

2. Voir pl. 25, fig. 9.

3. Données de l'obus de 4 :

Longueur de l'obus	=	161	millimètres.
Longueur du corps cylindrique	=	114	—
Longueur de la partie ogivale	=	47	—

Le diamètre de l'enveloppe est presque égal au calibre du canon, dans l'intervalle de deux bourrelets; et ceux-ci ont une saillie à peu près égale à la profondeur des rayures.

fond de laquelle se détachent des bourrelets intérieurs venus de fonte, qui répondent aux bourrelets extérieurs de l'enveloppe, leur servent d'ossature et donnent plus d'adhérence au plomb dans le sens de la longueur de l'obus. Les quatre bourrelets supérieurs sont interrompus en quatre points diamétralement opposés, de manière à offrir des ressauts qui empêchent le plomb de tourner sur la fonte. La pointe ou tête ellipsoïde est percée d'un trou taraudé pour la fusée et d'une ouverture latérale pour la broche du percuteur.

Par suite de leur forme, ces obus se moulent en deux châssis, le joint se trouvant dans un plan diamétral. Pour revêtir le noyau de son enveloppe, on se sert d'un moule formé de deux coquilles demi-cylindriques assemblées à charnière. On place le projectile, debout sur son culot, au centre de ce moule, après l'avoir préalablement décapé et chauffé; on referme le moule et on verse le plomb par un trou de coulée.

Pour les schrapnels (obus à balles) de l'artillerie de place et de siége, comme pour les obus de la marine, on emploie des enveloppes minces soudées. Celles-ci, non-seulement réduisent la perte de force vive du projectile lorsqu'il rencontre le mur ou la plaque de blindage, mais en même temps permettent d'augmenter le diamètre. On peut ainsi construire un projectile plus résistant et avec un vide plus considérable, ce qui augmente les effets d'éclatement [1].

Voici, comment s'obtient l'adhérence de l'enveloppe mince en plomb sur le corps du projectile.

On réduit sur le tour, de 1,5 à 3 millim. au-dessous du calibre, le diamètre de la partie cylindrique destinée à recevoir l'enveloppe; on chauffe ensuite le projectile au violet dans un bain de plomb; on décape sa surface, en le plongeant dans une solution saturée de sel ammoniac à la température ordinaire, d'où il est retiré dès qu'il est couvert d'une couche blanche argentine. La couleur grisâtre de cette couche indiquerait que le projectile a été trop chauffé. On trempe alors pendant 5 minutes, pour le galvaniser, le projectile dans un bain de zinc allié à l'antimoine et porté à 480° centigrades (le point de fusion est 300°); puis on le plonge immédiatement et pendant une minute, afin de l'empêcher de s'oxyder, dans un bain de plomb fondu allié au zinc ou à l'étain pour le rendre plus dur. Le projectile est ensuite placé dans un moule d'un diamètre supérieur au sien, et on coule aussitôt du plomb du second bain dans le vide annulaire; quand le plomb est refroidi, l'excès du métal est enlevé sur le tour et le projectile est aisément amené à son profil et à son diamètre réglementaires.

Il est nécessaire d'exécuter le plus rapidement possible les opérations relatives au bain du projectile dans le plomb fondu et au coulage de ce métal autour de la partie cylindrique du projectile, afin d'éviter

1. Voir pl. 25, fig. 10 et 11.

l'oxydation du zinc qui empêcherait l'adhérence du plomb sur le projectile.

Ce procédé, imaginé en Angleterre par M. Bashley Britten, est employé en Prusse pour les schrapnels et les boulets et obus de la marine; on lui a reproché la diminution progressive de l'adhérence du plomb avec le noyau du projectile par l'effet du temps, mais des expériences spéciales faites au polygone de Tegel, près Berlin, ont démontré l'erreur de cette opinion. Il faut seulement que le procédé soit appliqué avec quelque soin.

Le chauffage du projectile qui précède le décapage se fait, soit par sa descente sur la sole inclinée d'une sorte de four à réverbère, soit par son immersion dans un premier bain de plomb fondu qui ne sert qu'au chauffage.

L'invention du moyen de fixation purement mécanique des enveloppes épaisses de plomb paraît aussi due à un mécanicien anglais M. Jeffery. Il est employé non-seulement par la Prusse, mais aussi par les artilleries russe, autrichienne et suisse. La France n'a jusqu'à présent employé que les enveloppes minces soudées, et seulement pour des systèmes de projectiles à l'essai (7 et 8 de campagne, 24 de place).

Le plus petit projectile prussien à enveloppe épaisse de plomb est l'obus ordinaire de 4 de campagne, qui pèse, vide, $4^k,250$ avec un calibre de 78,5 millim.; le plus gros est celui de 24 de siége qui pèse, vide, $27^k,150$ avec un calibre de 148,1 millim. (diamètre de l'âme lisse, sans compter la profondeur des rayures).

Le plus petit projectile prussien à enveloppe mince est l'obus à balles, ou schrapnel, de 6, qui pèse, vide, $6^k,900$ ou $7^k,900$ avec un calibre de 91,5 millim. Le plus gros, il y a un an, était l'obus marine de 96 pesant 153 kilog., avec un calibre de 235,4 millim.; mais on avait adopté et on doit avoir construit des calibres de 254 millim. et 279,4 millim., qui comportent des obus de 185 et 225 kilog. Pendant le bombardement de Paris, les plus gros projectiles envoyés par l'ennemi contre les forts et la ville ont été les obus de 72 pesant de 88 à 100 kilog. avec un calibre de 209 millim. (soit un diamètre extérieur maximum de 214,4 millim. mesuré sur l'enveloppe de plomb) et une longueur de 520 millim.; aucun obus plus gros n'a été constaté.

Obus à segments anglais. — Le seul projectile en usage dans l'artillerie de campagne anglaise est l'obus à segments de 12, système Armstrong [1]. Voici sa description sommaire :

Il consiste en un noyau de fonte sur lequel est soudée une enveloppe mince composée de 19 plomb et 1 antimoine. Le diamètre antérieur vers la tête est égal au calibre de la pièce lisse, 76,2 millim. environ; le dia-

1. Voir pl. 25, fig. 13.

mètre postérieur est égal au calibre dans les rayures, 78,7 millim.; la longueur est égale à 2 1/2 fois le diamètre, 203,1 millim.; l'ogive est courte et aplatie à l'extrémité; la longueur de la partie conique est à celle de la partie cylindrique comme 2 à 5. Vers le 1/4 de la hauteur, à partir de la base, est une gorge annulaire pour donner une issue au plomb détaché par les pleins de la rayure. Un canal cylindrique réservé autour de l'axe est destiné à contenir la charge d'éclatement (18 grammes); le vide intérieur entre le noyau et ce canal est comblé à l'aide de 49 petits segments en fonte. La charge se trouve ainsi dans une chambre particulière au fond de laquelle est disposée une fusée à percussion, et au-dessus une fusée à durée. Le poids du projectile est 5k,250. Il est assez solide pour traverser 3m,60 de charpente sans se briser. L'obus à segments est destiné à agir tantôt comme projectile ordinaire et tantôt comme schrapnel. Il présente sur l'obus à balles l'avantage d'être régulier et plus homogène dans sa constitution intérieure et par suite d'avoir de meilleures qualités balistiques[1].

Projectiles divers (de rupture, incendiaires). — Pour rompre les plaques de blindage, les Américains et les Anglais emploient dans certains cas des projectiles sphériques, les premiers en fonte, les seconds en acier fondu et martelé; j'en ai déjà dit quelques mots. Mais la plupart du temps, en Angleterre comme en France, ou en Prusse, les boulets de rupture, pleins ou à vide intérieur peu considérable, sont en acier fondu martelé et de forme soit cylindro-ogivale pour le tir à une certaine distance, soit simplement cylindrique avec une tête plate pour le tir rapproché, soit encore avec une pointe de profil plus ou moins complexe.

Depuis quelques années, on emploie beaucoup des boulets de rupture en fonte dure trempée, c'est-à-dire en fonte grise, blanchie à la surface sur une forte épaisseur et présentant une très-grande dureté. On les appelle *boulets Gruson* en Prusse et *boulets Palliser* en Angleterre; leur fabrication est plus ou moins secrète, et je ne la décrirai pas ici. Ces boulets ou obus en fonte dure ont un trou au culot seulement, par où on introduit la charge intérieure, et pas de fusée; la chaleur développée par le choc ou le frottement contre les blindages suffit pour les faire éclater[2].

Certains pays, comme l'Autriche et quelques États du sud de l'Allemagne, la Bavière probablement, emploient des projectiles oblongs creux remplis d'une substance incendiaire qui fournit par trois ou quatre

1. L'armée française de l'Est possédait une batterie de canons Armstrong qui a donné à la bataille d'Héricourt; j'ai vu des obus à segments ramassés dans un village des environs.

2. L'artillerie prussienne a employé, d'après ce que j'ai vu, des obus en fonte trempée, contre les remparts de Belfort et de Strasbourg.

ouvertures ménagées dans l'ogive des jets de flamme très-puissants. Ces projectiles, dits *incendiaires*, sont spéciaux pour les bombardements; j'en ai vu quelques-uns envoyés sur Paris et sur les villages suburbains par les batteries allemandes situées au sud de la capitale [1].

1. J'ai vu aussi les obus *à pétrole* envoyés sur Strasbourg; ils ne sont autres que ceux ci-dessus. Leur emploi entrait largement dans la tactique du général de Werder qui commandait dans l'Est les troupes allemandes.

Voir pl. 25, fig. 14.

TROISIÈME PARTIE.

DES MODES DE CHARGEMENT DES PROJECTILES.

CHAPITRE PREMIER.

Sachets, Gargousses, Cartouches.

En France, pour l'*artillerie de campagne rayée,* la charge se compose de deux parties séparées : le *sachet*, contenant la poudre, et le projectile. Les sachets, à la suite d'essais divers, se font en serge blanche, étoffe de laine qu'on préserve des mites par une préparation à l'acétate de plomb. Il faut une étoffe qui ne laisse pas de résidus enflammés dans l'âme des pièces, afin de pouvoir tirer vite et sans danger. Les étoffes de chanvre, lin ou coton, ne présentent pas la même sécurité. Les sachets sont tout garnis et prêts à servir dans les caissons des batteries. Les Prussiens emploient pour les sachets une étoffe de soie, dite *toile amiantine*.

Dans notre *canon obusier de 12 lisse*, la cartouche contient la charge complète, savoir : un sachet réuni au projectile au moyen d'un sabot en bois, sur lequel des bandelettes de fer-blanc fixent ce projectile. Dans l'obusier de 16ᶜ, le sachet surmonté d'un tampon en bois est séparé du projectile qui est ensaboté.

Pour les *pièces de siége*, *de place*, *de côte*, on emploie des *gargousses*, sortes de sacs cylindriques en fort papier, pour contenir la charge de poudre; les gargousses sont remplies dans les batteries mêmes. Avec les gargousses, on emploie souvent des *bouchons* en foin, de forme cylindrique, bien serrés, d'une grosseur et d'une longueur au moins égales au calibre, et on n'ensabote pas les projectiles; on met un bouchon sur la gargousse et un sur le projectile, dans le tir des canons. Quand la gargousse ne remplit pas la chambre, comme dans les *obusiers*, on emploie un tampon en bois ou un bouchon de foin pour garnir le vide; dans les obusiers de campagne, le tampon est fixé au sachet qui est cousu pardessus.

Dans notre nouvelle *artillerie de* 7, se chargeant par la culasse, la gar-

gousse a une forme toute particulière, et ressemble beaucoup aux cartouches pour fusils à douilles métalliques et à inflammation centrale. La gargousse est formée d'un gros tube cylindrique en carton cuir comprimé, ajusté par un de ses bouts dans un culot métallique en cuivre rouge. Celui-ci est estampé, de façon à avoir au centre une concavité de 30 millim. de diamètre environ, percée de six trous équidistants. Cette concavité est fermée par une emboutie aussi en cuivre rouge, percée à son centre d'un trou rond. Sur le plat de la concavité du culot est fixée une rondelle en laiton au moyen d'un rivet central; entre l'emboutie et la concavité, on place quelques grains de poudre qui y sont maintenus par un petit morceau de toile collé en-dessous. Dans la douille en carton sont placées six rondelles annulaires de poudre comprimée pesant 200 grammes chacune; elle est fermée par un tampon concave en carton, recouvert d'une rondelle de suif, puis d'une toile légère qui se colle à la douille cylindrique et assure la solidité du tout. Dans cette gargousse, le feu est mis au centre et à l'intérieur des rondelles annulaires, au moyen d'une étoupille tout à fait ordinaire [1]. L'obus cylindrique est introduit le premier, puis la gargousse dont le suif vient s'aplatir contre son culot, et dont le culot métallique est contigu à l'obturateur de culasse du canon.

Les *pièces marines* emploient des *gargousses* faites en papier-parchemin collé au caséum. Dans les *pièces-culasse*, on enfonce d'abord le projectile, puis un bouchon en algue qui le touche, puis enfin la gargousse. Le bouchon en algue, dit le *Manuel du matelot-canonnier*, diminue la fatigue de la pièce; jusqu'à une certaine limite de longueur, il augmente la vitesse du projectile. On a déterminé par l'expérience, et pour chaque calibre, la longueur du bouchon la plus favorable sous le double rapport du tir et du chargement. Cette longueur se trouve comprise entre un calibre et 2/3 d'un calibre. Après le bouchon on met la gargousse, et on n'a plus qu'à fermer la culasse, à moins qu'on ne fasse usage des *obturateurs en carton*, qui sont formés de plusieurs feuilles de carton collées au caséum et embouties dans des matrices. Dans ce cas, on introduit l'obturateur dans son logement, on l'y pousse jusqu'au refus, et on ferme ensuite la culasse.

L'artillerie prussienne emploie beaucoup ces obturateurs en carton.

1. Je dirai plus loin comment sont faites ces étoupilles.

CHAPITRE II.

Chargement des obus et des obus à balles.

Pour les obus ordinaires, on n'a qu'à introduire avec un entonnoir la quantité de poudre qui constitue la charge d'éclatement [1] et à placer la fusée.

Pour les obus à balles, ronds ou oblongs, on les place dans un sabot, l'axe de la lumière bien vertical; on y introduit la moitié du nombre de balles, puis une mesure déterminée de sable sec et fin. On secoue légèrement l'obus pour égaliser la surface et faire glisser le sable dans les interstices des balles; on met par-dessus le reste des balles; puis on coule un poids déterminé de soufre dans l'obus, en l'inclinant légèrement en tous sens, de manière à relier entre elles toutes les balles supérieures. Quand le soufre est refroidi, on achève de remplir l'obus avec de la poudre [2] qu'on tasse fortement avec un tampon et un maillet, et on place la fusée. Par ce moyen, le soufre forme un diaphragme qui sépare la poudre des balles et du sable. Le sable est préférable aux autres matières telles que la sciure, le soufre ou le plâtre [3].

Les obus à balles ou *schrapnels* prussiens se chargent d'une façon différente : on introduit les balles et on coule du soufre entre ces balles, au moyen d'un entonnoir qui ménage dans l'axe de l'obus un logement cylindrique destiné à contenir la charge renfermée dans un tube en laiton; le plateau de la fusée de l'obus à balles est vissé dans l'œil de l'obus [4]. Dans les anciens obus à balles sphériques, le tube étant placé au centre du projectile en fonte pendant sa fabrication, les balles sont introduites par un trou spécial latéral, qu'on ferme avec un bouchon taraudé [5]. Les charges d'éclatement sont, du reste, faibles: 16g 2/3 pour l'obus de 6, 33g 1/3 pour celui de 12, et 50 gr. pour celui de 24. L'expérience a démontré que pour les schrapnels, destinés à éclater en l'air en avant du front battu, la charge explosible devait être faible.

1. 200 grammes pour l'obus oblong de 4 ; 500 gr. pour celui de 12 ; 200 grammes pour l'obus sphérique de 12 ; 1 kil. pour l'obus oblong de 24, etc.

2. On emploie 85 gr. de poudre pour l'obus oblong de 4 ; 200 gr. pour l'obus oblong de 12 ; 420 gr. pour celui de 24.

3. Voir pl. 25, fig. 15.

4. Voir pl. 25, fig. 10.

5. Voir pl. 23, fig. 7.

CHAPITRE III.

Appareils divers.

Boîtes à balles. — Les canons rayés emploient, pour mitrailler à petite distance (600 à 800 mètres), des boîtes à balles qui se composent d'une enveloppe cylindrique en zinc laminé, fermée aux deux extrémités par deux culots en zinc fondu, épais de 10 à 15 millim. On les remplit avec des balles de fer n° 6, *graissées*, agglomérées au moyen du soufre fondu; on goudronne les joints de la boîte pour empêcher la sortie de ce soufre. On a fait diverses expériences : le soufre seul a la propriété de s'opposer à la déformation des balles au moment du tir. Les balles de plomb ne sont pas employées, quoique leur pénétration soit plus grande, parce qu'elles dispersent trop [1].

Pour les canons lisses, les boîtes sont en fer-blanc, fermées par un culot et un couvercle en fer. Les balles en fonte (qui ricochent mieux) y sont tassées avec de la sciure de bois fortement serrée. Pour les obusiers, le culot est monté sur un sabot en bois; les balles sont en fonte aussi. Pour les canons rayés de siége, les boîtes n'ont qu'un culot en zinc fondu; le dessus est fermé par un couvercle en bois, muni d'une anse en corde; les balles sont en fonte.

Dans l'artillerie prussienne de campagne, les boîtes sont en fer-blanc, avec un bourrelet médian qui empêche de les enfoncer trop avant; les balles sont en zinc.

Appareils Moisson. — L'appareil Moisson est destiné à lancer des obus ronds de 12 centimètres, ou des grenades, avec des mortiers. Il se compose :

1° d'une enveloppe formée par un demi-baril plus ou moins grand, garni d'un double fond extérieur en bois, ou par un cylindre en tôle de 1 millim. cloué sur un fond en bois d'orme.

2° D'un tampon ou sabot prismatique, en bois blanc, d'une hauteur égale à celle de la partie cylindrique de l'âme, que l'on engage dans l'âme du mortier.

La base du tampon est recouverte d'une plaque de tôle; l'autre extrémité est réunie au fond de l'enveloppe par quelques pointes. Le fond, le tampon et la plaque sont percés de trous permettant aux gaz de la poudre de communiquer le feu aux projectiles placés dans le baril. Les obus ou grenades sont disposés, par couches, dans le baril, l'œil en dessous, les fusées décoiffées; sur la dernière couche, on met un peu de foin

1. Voir pl. 25, fig. 16.

tassé ou de gazon, de manière à bien maintenir les projectiles. Pour le tir, on ne place le tampon dans l'âme du mortier qu'après avoir pointé.

L'appareil Moisson ne s'emploie que pour la défense rapprochée et ne s'envoie pas au delà de 200 mètres.

Appareil à tige cannelée. — Cet appareil est destiné à tirer à courte distance, avec des mortiers, des vieux boulets ronds. Il se compose d'un sabot en bois dur, renforcé par un disque en fer sur lequel on fixe une tige en fer. Un manchon en bois, portant six cannelures longitudinales, est traversé par la tige en fer. Ce manchon a reçu le nom de *tige cannelée*. Les boulets sont maintenus entre ces cannelures et les parois du mortier.

Pour le tir, on place d'abord l'appareil dans le mortier; ensuite, on dispose autour de la tige deux ou trois couches de boulets de 8, de 6 ou de 4. Cet appareil s'emploie avec les mortiers de 32^c, 27^c et 22^c pour le tir à 500 mètres au plus.

Boîtes à boulets, à balles ou à caffuts. — Ces boîtes, destinées aux mortiers de tout calibre, se composent d'un sabot en bois dur, d'un fond en fer, d'une enveloppe cylindrique en tôle et d'un couvercle en tôle mince ou en bois; les boulets ou les balles y sont placés par couches.

Celle pour mortier de 32^c peut recevoir 20 boulets de 8 et pèse alors 101 kilog., ou 150 à 165 balles n° 2 et pèse 80 à 86 kilog.

Ces boîtes ne se lancent aussi qu'à des distances rapprochées.

Balle à feu. — La balle à feu de 22^c est un artifice éclairant, composé d'un sac en treillis ou coutil très-fort, renforcé par une carcasse en fil de fer, contenant une composition propre à éclairer, par exemple : salpêtre 8, soufre 2, antimoine 1, et une grenade chargée, pour en défendre l'approche; elle est recouverte d'une couche de goudron et munie de trois trous d'amorce; elle pèse environ 13^k,110 [1]. Les balles à feu brûlent moyennement pendant 8 minutes. Pour le tir, on place entre la balle et la poudre une couronne faite avec une tresse de paille enroulée sur elle-même, de manière à former une sorte de tampon de 6 à 8 centimètres d'épaisseur.

Ces divers détails sont empruntés au *Règlement officiel sur le service des bouches à feu*, publié en 1869. Il nous reste maintenant à examiner la pyrotechnie des projectiles, savoir, les étoupilles et les fusées.

1. Voir pl. 25, fig. 17.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA PYROTECHNIE DES PROJECTILES.

CHAPITRE PREMIER.

Étoupilles.

Autrefois on amorçait les canons, en plaçant dans la lumière une *étoupille* formée par un roseau (11 à 15 centimètres de longueur, 5 millimètres de diamètre extérieur au plus) rempli d'une pâte de pulvérin et d'eau-de-vie gommée, et qu'on perce dans toute sa longueur avec une aiguille à tricoter. L'étoupille portait en haut un bout de mèche, auquel on mettait le feu avec la *lance à feu*, sorte de cartouche fusante qui dure 10 à 12 minutes. Le canonnier allumait la lance à feu au *boute-feu*, bâton fourchu planté en terre et supportant une certaine longueur de *mèche à canon* qui brûle lentement (16 centimètres par heure). L'artillerie prussienne, quand le tir doit être lent, emploie encore un système analogue. Mais les boute-feux présentent l'inconvénient grave d'obliger à conserver du feu dans les batteries, et maintenant on emploie presque partout des *étoupilles fulminantes* qui dispensent de tout l'attirail ci-dessus. Il y en a deux systèmes en France : celles de la terre et celles de la marine.

L'étoupille fulminante de l'artillerie de terre [1] se compose d'un tube en cuivre de 3 millim. de diamètre et de 4 à 5 centimètres de longueur, fendu et ouvert en croix à sa partie supérieure, pour empêcher qu'il tombe dans la lumière. Dans ce tube, fermé en bas par de la cire, se trouve de la poudre de chasse, et un second petit tube concentrique au premier qui est rempli de poudre fulminante (mélange de 2/3 sulfure d'antimoine et 1/3 chlorate de potasse). Dans ce mélange, on scelle, pendant qu'il est encore humide, l'extrémité aplatie d'un fil de cuivre rouge terminé par un T dont les deux branches s'arrêtent en dessous sur les bords du petit tube. Ce fil de cuivre porte le nom de *rugueux :* il est enduit

1. Voir pl. 26, fig. 1.

d'une couche de vernis à la gomme laque ainsi que les parties intérieures du tube, ce qui conserve mieux la poudre; on a renoncé à le faire en laiton, qui exerçait par contact avec le cuivre rouge une action chimique nuisible à la conservation de la poudre. Le petit tube est placé dans le grand à l'aide du fil de cuivre; on bouche le grand tube en haut au moyen d'un tampon en bois qui est garni en dessous d'une rondelle en caoutchouc (de 1/2 millim. d'épaisseur), contre laquelle s'appuie le petit tube; par-dessus le bouchon en bois, on lute avec de la cire. L'extrémité du fil de cuivre est repliée et tordue pour former la *boucle de tirage* dans laquelle on engage au moment du tir le crochet du *tire-feu;* la résistance du T ou *bec du rugueux* est déterminée d'avance et fixée entre 4 et 6 kilog.

Les étoupilles fulminantes à friction de l'artillerie de mer [1] sont construites de la même façon; seulement les deux tubes (*grand tube* et *tube d'amorce*) sont en plume. Le rugueux, au lieu de se terminer par un T, se termine par une partie aplatie et dentelée avec un petit crochet en dessous, qui s'arrête contre le bord du tube d'amorce. Le tampon en bois porte une rainure circulaire qui retient le fil par lequel on attache, et on serre le grand tube contre le tampon; les deux bouts du grand tube sont bouchés avec de la cire. La poudre fulminante est différente de celle de l'artillerie de terre qui se conserverait moins bien à la mer : elle se compose de 5 fulminate de mercure et 3 sulfure d'antimoine. L'étoupille est plus grosse que la précédente.

Le fonctionnement de ces étoupilles se comprend sans que j'aie besoin de m'y arrêter [2].

CHAPITRE II.

Fusées de projectiles creux.

Fusées pour projectiles creux sphériques. — En France, pour les obus et les bombes sphériques, on emploie une *fusée en bois à quatre évents.* L'enveloppe est formée d'un tronc de cône en bois dur (orme, frêne, noyer, poirier, etc.) soigneusement choisi et parfaitement sain; elle est percée d'un *canal* cylindrique de 6 millim. de diamètre, s'ouvrant dans l'axe en haut sur la tête de la fusée et latéralement à la partie inférieure. La tête est également percée de quatre trous en croix. On remplit le canal d'une composition fusante particulière, on amorce les *évents* latéraux par des

1. Voir pl. 26, fig. 2.
2. Voir Thiroux. *Instruction d'artillerie*, 1860. — *Mémorial de l'artillerie*, tome VIII. — *Manuel du matelot-canonnier*, 1871.

brins de mèche à étoupille, et on bouche le haut du canal avec un tampon en pulvérin.

Lorsqu'on charge la fusée, on relève les mèches de façon à les loger dans les rainures de la tête; on place ensuite deux bandes en croix de papier sec, et par-dessus une coiffe en papier frangé, collée sur les bords et maintenue avec un ruban de fil qui entoure la tête de la fusée.

La composition fusante (3 pulvérin, 2 salpêtre, 1 soufre) brûle avec une vitesse de 7,2 millim. par seconde, et l'enveloppe en bois est graduée extérieurement par des traits circulaires entiers, espacés de 7,2 millim. l'un de l'autre.

Lorsqu'on doit faire usage de la fusée et qu'on connaît le trajet que le projectile doit parcourir avant d'éclater, et par suite la durée nécessaire pour la combustion de la fusée, on perce un trou de vrille au droit de la graduation correspondante, de façon à mettre en communication par ce trou la charge d'éclatement du projectile avec la composition du canal de fusée. La fusée ensuite est fixée sur le projectile au moyen d'une presse à vis au moment même du tir, et on enlève la coiffe en papier en tirant le bout du ruban de fil qui entoure la tête. Ce sont les gaz de la poudre passant par le vent du projectile qui enflamment les brins de mèche et communiquent ainsi le feu à la fusée; celle-ci peut toujours mettre le feu à la charge d'éclatement par son extrémité, alors même qu'on aurait oublié le trou de vrille.

Pour les obus à balles de 12 français, la charge est toute préparée à l'avance; comme on les tire à courte distance, on n'aurait pas le temps de fixer les fusées et de graduer la combustion. Aussi la fusée de ce projectile est en bois dur, à trois canaux donnant l'éclatement à trois distances différentes. Chaque canal est renforcé d'un tube en fer-blanc contenant la composition et destiné à empêcher que le feu puisse se communiquer de l'un à l'autre. Le canal de la plus longue durée (1050^m) est ouvert lorsque la fusée est décoiffée; les deux autres sont fermés chacun par un tampon en cuir recouvert : celui qui correspond au canal de la plus courte durée (600^m) par un disque en papier rose, l'autre (850^m) par un disque en papier bleu. Ces papiers, comme la tranche de la fusée, portent l'indication de ces distances. La fusée est coiffée d'une rondelle à franges en papier recouvrant une rondelle simple en parchemin, garnie d'un bout de ruban de fil. On décoiffe la fusée en tirant de bas en haut les bouts du ruban qui dépassent la tête, et ayant soin d'enlever avec les doigts les parties de la coiffe qui restent quelquefois sur la tranche. On ouvre le canal indiqué avec un débouchoir [1].

Les fusées prussiennes employées avec les projectiles creux sphériques [2],

1. Voir l'ouvrage de Thiroux, le *Mémorial de l'artillerie*, les *Règlements sur le service des bouches à feu.*

2. Voir pl. 26, fig. 3.

notamment avec les obus excentriques, sont en bois comme les fusées françaises; seulement le canal est strié intérieurement pour maintenir la composition d'une manière plus solide; puis, au lieu d'être à évents amorcés avec des brins de mèche, la fusée est *à calice*, c'est-à-dire que le canal s'ouvre sur la tranche supérieure, et est amorcé simplement avec du pulvérin. La distance d'éclatement se règle par le trou de vrille. Pour l'obus ordinaire de 12 court, la fusée n'est autre qu'une sorte de cartouche en carton solidement enfoncée dans un corps de fusée en bois; elle est réglée pour la plus grande portée de la pièce : pour que l'explosion ait lieu plus près, il faut que l'obus reste sur le sol près de son point de chute.

La fusée prussienne pour obus à balles de 12, appelée *fusée Bartscher* [1], se compose, dit le capitaine Schott, d'un corps de fusée en laiton présentant une rainure longitudinale suivant une de ses génératrices, et d'un cylindre mince en fer-blanc, rempli de composition et s'ajustant exactement dans le corps de fusée. Ce cylindre est percé de neuf trous disposés en hélice sur son pourtour; en plaçant l'un ou l'autre des trous vis-à-vis de la rainure du corps de fusée, on détermine la longueur de la colonne de composition qui doit brûler avant que le feu se communique à la charge de poudre; le trou le plus éloigné correspond à une distance de 1125^{m}. Le cylindre de fer-blanc, ouvert à sa base, présente à sa partie supérieure une découpure elliptique dans laquelle on introduit une clef de même forme; elle permet de le faire tourner dans le corps de fusée et de régler ainsi le temps de la combustion; la tranche supérieure du cylindre porte un repère, qu'on amène vis-à-vis l'une de neuf divisions tracées sur la tête de la fusée avec l'indication des distances. La découpure elliptique est fermée par une feuille de métal : on enlève celle-ci pour introduire la clef, et la composition fusante est ainsi mise à découvert.

Je ne puis dire quelle est la valeur réelle de cette fusée Bartscher; mais je crois qu'elle est à peu près tombée en désuétude, en même temps que les canons-obusiers lisses [2].

Fusées à temps pour projectiles oblongs. — Pour les projectiles oblongs on emploie deux espèces de fusées : celles dites *à temps* qui font éclater le projectile au bout d'une certaine portion de sa trajectoire, et celles dites *percutantes* qui font éclater l'obus au moment de son arrêt brusque contre un obstacle. Le feu est communiqué la plupart du temps par les gaz de la poudre passant entre le projectile et le canon.

Les obus oblongs ordinaires français sont pourvus de *fusées hexagonales à deux durées*, en bronze ou laiton qui se vissent dans leur lumière [3]. Ces

1. Voir pl. 26. fig. 4.
2. Voir Schott. *Description du matériel d'artillerie prussien*. Dumaine, 1869.
3. Voir pl. 26, fig. 5.

fusées ont un corps fileté partiellement, percé d'un canal longitudinal cylindrique, et une tête hexagonale creusée de six canaux horizontaux dont cinq sont parallèles aux faces voisines et le sixième aboutit au canal longitudinal. Celui-ci est garni en poudre à canon écrasée qui brûle à raison de 10 mill. par seconde; les canons horizontaux sont chargés avec une composition qui brûle à raison de 4, 5$^m/_m$ par seconde. Deux évents, le premier et le troisième, sont munis de calices élargis striés pour mieux retenir le pulvérin formant amorce; on les bouche ensuite avec des rondelles en cuir. Les autres évents, qui ne servent qu'à introduire la composition fusante, sont bouchés aussi après le chargement avec des bouchons en cuir. Sur l'évent de la petite distance est une rondelle en papier rouge marquée 1400 à 1600; sur celui de la grande distance est un rectangle en papier blanc marqué 2750 à 2950.

Dans le tir, lorsqu'on veut que l'obus éclate au terme de sa course, on débouche, au moyen du débouchoir, l'évent de la grande distance. Lorsqu'on veut que l'obus éclate entre 1400 et 1600 mètres, on débouche en outre l'évent correspondant à cette distance.

Les obus oblongs à balles français sont munis de fusées (modèle 1865) à 4 durées qui sont en cuivre, à 4 canaux débouchant sur les 4 faces de la tête carrée. Ces canaux sont garnis de longueurs différentes de composition fusante. L'évent, au-dessus duquel se trouve un cran, est recouvert par une rondelle en papier rouge marquée 500 mètres; celui avec deux crans est recouvert d'une rondelle jaune marquée 800 mètres; celui à trois crans a une rondelle en papier bleu marquée 1000 mètres; enfin l'évent au-dessus duquel se trouvent quatre crans est recouvert par une rondelle en papier blanc marquée 1200 mètres. On doit, dans tous les cas déboucher l'évent de la plus grande distance.

Pour les obus oblongs de 24 à balles, on emploie une *fusée à 6 durées* (mod. 1870) [1] analogue à la précédente, dont le corps est percé de 4 canaux seulement; mais un de ces canaux se prolonge au-dessus du plan des évents et se soude à un ensemble de canaux horizontaux formant rectangle, analogue aux canaux hexagonaux de la fusée à 2 durées. Il en résulte qu'on a bien 6 durées. L'extrémité inférieure des 4 canaux est striée intérieurement, et il se trouve au-dessous une petite chambre à poudre fermée par une rondelle obturateur en cuivre mince [2].

Fusées percutantes. — Les projectiles munis de fusées percutantes éclatent au moment du choc contre un obstacle, leur disposition étant telle que ce choc enflamme la charge d'éclatement. Le nombre des systèmes différents de fusées de cette classe est considérable; dans cha-

1. Voir pl. 26, fig. 6.

2. Voir *Mémorial de l'artillerie*, tome VIII, et les *Règlements sur le service des bouches à feu*, 1869.

que pays, une foule d'inventeurs, artilleurs ou non, se sont occupés de la question; néanmoins les bonnes fusées à percussion sont peu nombreuses. Je n'ai pas la prétention de les décrire toutes, je me bornerai à quelques notions générales et à la description des fusées employées en France et en Prusse.

Les fusées percutantes doivent se diviser en deux grandes classes : celles qui ne renferment pas de composition fulminante, et celles qui, au contraire, contiennent une amorce fulminante.

Les systèmes de *fusées percutantes sans composition fulminante* sont assez nombreux; ils ne peuvent s'appliquer évidemment qu'aux projectiles non forcés, où la présence du vent entre le projectile et l'âme de la bouche à feu permet au gaz de la poudre d'enflammer les amorces de la fusée. Les uns fonctionnent par le déplacement d'une masselotte mobile qui, au moment du choc, met brusquement en communication le canal fusant de la fusée avec la charge d'éclatement : les fusées Florentin et Duchêne sont dans ce cas. D'autres sont basés sur le refoulement de la fusée à l'intérieur du projectile au moment du choc : telle est la fusée Mercklein[1]. Mais aucun de ces systèmes n'est employé en France, non plus qu'en Prusse; la plupart des fusées percutantes adoptées par les diverses artilleries appartiennent à la seconde catégorie indiquée ci-dessous.

Les *fusées percutantes à amorce fulminante* doivent être elles-mêmes distinguées en deux classes.

Les unes sont basées sur le *refoulement du bouchon de la fusée* au moment du choc, refoulement qui enflamme l'amorce, et par suite la charge d'éclatement. Elles ont évidemment un inconvénient grave; c'est de ne fonctionner à coup sûr que lorsque le projectile frappe par sa pointe sur un obstacle suffisamment résistant; si l'obus arrive de côté ou s'il frappe dans de la boue, la fusée peut rater. C'est cependant à ce système qu'appartient la *fusée Demarest*, qui est adoptée depuis 1864 par l'artillerie française de campagne pour les rares occasions où elle emploie un système percutant.

Cette fusée (pl. 26, fig. 7) se compose d'un corps fileté en laiton avec bride hexagonale; ce corps est percé d'une cavité cylindrique s'ouvrant sur la tête et ne communiquant avec la charge d'éclatement que par un trou inférieur de 3 mill. de diamètre. Au fond de cette cavité on place un sabot en bois portant une amorce formée d'un cylindre en cuivre chargé avec la composition des étoupilles fulminantes; de petites rondelles en mousseline collées recouvrent l'amorce en dessus et en dessous; le sabot est fixé au fond par deux petites vis en fer. La cavité est fermée en dessus par le *tampon porte-rugueux*, en bois de hêtre bouilli dans l'huile; le rugueux est une pointe barbelée en fer; deux *pointes d'arrêt* en laiton enfoncées latéralement empêchent qu'au départ l'inertie fasse

1. Voir *Mémorial d'artillerie*, tome VIII, pages 324 et suiv.

reculer le tampon qui viendrait enflammer l'amorce. Pour garantir ce tampon contre les chocs accidentels, il est recouvert d'une toile collée au laiton avec de la cire rouge et enveloppant une plaque horizontale en tôle de fer fixée au tampon par deux petits clous d'épingle; cette toile se replie par-dessus la plaque et le tout est assujetti avec de la cire rouge. Au moment du tir, lorsque la fusée est fixée au projectile et avant de charger la pièce, on arrache la toile, et avec elle la plaque de tôle. Le fonctionnement de la fusée, au moment du choc, se comprend sans difficulté. Une autre fusée percutante plus compliquée, la *fusée de Metz*, appartient à la même classe.

Mais la seconde classe, celle des *fusées percutantes à masselotte mobile* ou *à percuteur*, comprend un beaucoup plus grand nombre de systèmes réellement employés, aussi bien par les artilleries prussienne, anglaise, américaine, que par l'artillerie française dans ces derniers temps. Pour faire comprendre ces systèmes, je décrirai d'abord la *fusée percutante prussienne* que le siége de Paris nous a, hélas ! trop donné l'occasion d'étudier.

Cette fusée[1] se compose de plusieurs pièces introduites séparément dans l'œil de l'obus, et surtout du percuteur, de l'amorce et de la broche. Le *percuteur* est un épais cylindre en laiton traversé d'un canal cylindrique et muni d'un rebord à sa partie supérieure; il porte l'*aiguille*, plaque mince également en laiton, découpée comme le dessin l'indique, et sertie transversalement dans une fente du percuteur, de façon à ne pas obstruer le canal, mais à lui présenter seulement sa faible épaisseur. Le percuteur ne s'appuie pas directement contre la retraite ménagée dans l'œil de l'obus; il est enveloppé dans un godet en laiton mince qui s'appuie sur cette retraite et il peut librement glisser dans ce godet. Celui-ci est percé en son milieu d'un trou qui le fait communiquer avec la charge d'éclatement; ce trou est recouvert d'une rondelle en mousseline assujettie par un anneau mince et plat en laiton comme le godet. Cette mousseline empêche les grains de poudre de la charge d'éclatement de s'introduire dans le système; le godet a pour but surtout d'empêcher que la rouille de l'œil en fonte puisse gêner le mouvement du percuteur. L'œil est fermé par la *vis-écrou*, bouchon fileté au centre duquel est un trou également fileté où l'on fixe au moment du tir l'amorce de la fusée. Cette amorce se compose de la *vis porte-feu*, bouton en laiton fileté à sa partie inférieure, et dans lequel est assujettie en dessous, au moyen d'une petite goupille en maillechort, une capsule en cuivre contenant la composition fulminante. Entre la vis écrou et le percuteur se trouve une *broche de sûreté* en plomb, qui traverse la paroi en fonte du projectile et qui s'appuie sur le percuteur, de façon à lui défendre tout mouvement au moment du départ. Dès que l'obus est sorti de la pièce, cette broche

1. Voir pl. 26, fig. 8 et 9.

s'arrache par l'effet de la force centrifuge à 150 mètres environ, et le percuteur se trouve armé et prêt à frapper avec force la capsule au moment où l'obus sera arrêté plus ou moins brusquement dans sa course; un renflement terminal augmente l'inertie de la broche et assure son arrachement.

Cette fusée, à côté d'un mérite indiscutable, présente des inconvénients assez graves qui entraînent de fréquents ratés, comme l'expérience du siége nous l'a fait voir. La broche de plomb fonctionne bien et s'arrache toujours; je n'ai pu rencontrer aucun obus prussien non éclaté qui eût encore sa broche. Mais beaucoup de cas de non-éclatement étaient dus : 1° à ce qu'au moment du choc la vis porte-feu s'était tordue et inclinée, de sorte que l'aiguille avait frappé sur le côté de l'amorce sans l'avoir enflammée; 2° à ce que l'artilleur avait oublié de mettre cette vis en place avant de tirer; 3° à ce qu'il l'avait mise de travers par suite d'une difficulté de vissage due à l'introduction de poussière ou de boue dans les filets; 4° à ce que la vis porte-feu ne contenait pas de capsule; 5° à ce que, soit par suite d'un arc-boutement, soit par suite de la rouille, le percuteur n'avait pas fonctionné assez vivement. Cette fusée se compose en effet de trop de parties indépendantes les unes des autres et dont le fonctionnement régulier n'est pas assuré comme lorsque l'appareil est complétement préparé d'avance. Les artilleries russe et suisse ont modifié la fusée prussienne de manière à prévenir la plupart des causes de ratés ci-dessus, en l'enfermant tout entière dans un corps de fusée [1].

La plupart des fusées percutantes ressemblent plus ou moins à cette fusée prussienne et s'en distinguent seulement soit par les dispositions adoptées pour empêcher le jeu accidentel de l'appareil percutant, soit par la disposition employée pour ne mettre l'amorce qu'au moment du tir. Pour empêcher le percuteur de frapper l'amorce si ce n'est au moment du choc, on a employé ou essayé soit un fil de laiton attaché au corps de fusée et retenant le percuteur, fil qui se casse par le choc, soit une goupille transversale en acier qui est brisée au départ par l'inertie, soit une masselotte en plomb qui retient l'aiguille et est détachée par l'inertie au départ, soit une aiguille mobile qui ne s'arme qu'au moment du départ par l'effet de l'inertie. Quant aux amorces, on a essayé soit des boutons massifs qu'on remplace au moment du tir par un bouton creux chargé, soit une amorce, excentrée par rapport à l'aiguille, en deux parties, l'une massive, l'autre chargée, et qu'on fait tourner au chargement, soit une amorce cylindrique, sorte de robinet transversal contenant le fulminate dans une cavité. L'artillerie de terre française n'avait pas encore, au moment de la guerre, mis définitivement en service de système autre que la fusée Demarest; mais, sous la pression des circonstances, on a construit à Paris, pendant le siége, un grand nombre de *fusées Mau-*

1. Voir *Revue de technologie militaire*, tome V, page 587, et tome VI, pl. 7.

courant adoptées par le ministre depuis le 31 décembre 1869 seulement et dont voici la description [1] :

La fusée Maucourant se compose d'un corps en bronze de forme cylindrique, muni d'une tête carrée et d'un appareil percutant. Le corps est traversé longitudinalement par un *canal percutant*, qui débouche directement sur la tranche de tête où il se termine par un calice cylindrique de peu de hauteur, et qui aboutit à la chambre à feu par un canal fermé à l'aide d'une petite rondelle de laiton qui empêche la poudre de la chambre de s'introduire dans le canal percutant; une goupille arrêtoir en acier fait saillie intérieurement vers le milieu du canal. L'appareil percutant comprend : un *percuteur*, un *bouchon de transport* et un *bouchon détonant*. Le percuteur, en bronze, de forme à peu près cylindrique, est terminé par une tête filetée, et porte une rainure latérale; il est percé suivant son axe d'un petit canal. Une aiguille en acier, plus longue que le percuteur, est placée dans le canal et maintenue, de façon à ce qu'il faille un effort de 15 kil. au moins pour la faire avancer, au moyen d'un tampon de liége et d'une rondelle en carton, assujettis en bas dans une partie striée du canal. Le talon de l'aiguille mise en place dépasse la tranche postérieure du percuteur d'une longueur telle que la pointe soit en retraite de 1 1/2 à 2 mill. par rapport à la tranche antérieure. Pendant le transport, le canal percutant est fermé en dessus par un bouchon de transport, vissé, qui maintient le percuteur et l'empêche de bouger, comme le dessin l'indique. Au moment du tir, on enlève le bouchon de transport et on le remplace par un bouchon détonant qui laisse le percuteur libre et qui contient la composition fulminante (qui est la même que celle des capsules d'infanterie, modèle 1866); les deux bouchons se distinguent par des *têtes* carrées de longueurs différentes. Le diamètre de la cavité du bouchon détonant est plus faible que celui de la tête du percuteur, de sorte que la composition ne peut être atteinte par celui-ci pendant le maniement de l'obus pour le chargement. La chambre à feu, à la base de la fusée, est remplie de poudre de chasse et fermée en dessous par une rondelle sertie en cuivre mince. Au moment du départ, par l'effet du choc initial et l'inertie du percuteur, le fond du canal percutant pousse le talon de l'aiguille, ce qui met la pointe en saillie de 3 à 4 mill. sur la tranche antérieure du percuteur qui se trouve ainsi armé. Au moment de l'arrêt de l'obus par un obstacle, le percuteur, par l'effet de l'inertie encore, se porte en avant, et l'aiguille fait détoner la composition fulminante. Les gaz chassent la petite rondelle, enflamment la poudre de la chambre à feu et par suite la charge intérieure du projectile [2]. La fusée Maucourant est celle qui a été employée à Paris avec les obus cylindriques du nouveau canon de 7, système de Reffye.

1. Voir pl. 26, fig. 10, 11 et 12.
2. Note officielle du 31 mars 1870 sur la *fusée mixte à deux durées*, modèle 1869.

L'artillerie de marine française emploie depuis longtemps des fusées percutantes. Un premier systeme qui a été adopté de 1860 à 1866 et dont un grand nombre de projectiles sont encore munis, dit-on, est la *fusée Tardy* qu'on ne fabrique plus depuis 1867 ; elle avait l'inconvénient de se composer de deux parties indépendantes et d'exiger, comme la fusée prussienne, une retraite dans l'œil de l'obus. On n'emploie plus maintenant que la *fusée à double réaction* (pl. 26, fig. 13). Le corps en bronze se compose d'un cylindre creux surmonté d'un chapeau conique ayant une cavité à sa partie inférieure pour recevoir une capsule, dont l'ouverture, tournée vers la base du projectile, repose sur une feuille de cuivre. Dans la partie cylindrique se trouve un percuteur de même forme et à peu près de même diamètre, terminé par un autre cylindre ayant les dimensions de l'intérieur de la capsule. Ce percuteur est rempli de poudre maintenue par un tampon en bois ; il est libre dans la fusée, et sa course en arrière est limitée par deux goupilles en fer. Lorsque le projectile rencontre un obstacle, le percuteur continue sa marche, perce la feuille de cuivre et écrase la capsule qui fait feu, communique l'inflammation à la charge du percuteur et de là à la charge d'éclatement de l'obus. Il existe encore des mécanismes percutants dans lesquels le percuteur est maintenu par deux tourillons en plomb traversant les parois de la fusée, et qui se rompent au moment du choc initial pour permettre au percuteur de venir reposer sur les goupilles de fer transversales ; dans ce cas, la feuille de cuivre est percée à son centre et ne sert plus qu'à maintenir la capsule [1]. Je ne dis rien de quelques modifications de détail qui ont été essayées à ce système. Dans ces fusées la tête conique est percée d'un trou transversal qui facilite le vissage dans l'œil du projectile.

Les Anglais ont des fusées percutantes Armstrong, Boxer, les unes à refoulement, les autres à réaction, généralement de construction assez compliquée ; je ne pourrais les décrire sans allonger trop cette note.

Fusées à concussion.—Les obus à balles ou shrapnels, qui sont, comme on sait, destinés à porter la mitraille à grandes distances, doivent, pour que leur effet soit obtenu, éclater en l'air au-devant des troupes ennemies, afin que leurs fragments et les balles de leur charge continuant à suivre la trajectoire du projectile avec une faible dispersion viennent frapper le front qu'on veut battre. Ils ne peuvent donc être munis de fusées percutantes ; il leur faut des fusées à temps. Lorsque celles-ci peuvent être enflammées par le feu du canon, comme dans les canons français à projectiles non forcés, leur disposition est simple et a déjà été décrite. Lorsque le projectile est forcé, comme dans les canons prus-

1. Voir *Manuel du matelot-canonnier*. Édition de 1871, page 25 ; ou bien l'*Artillerie de la marine française en 1868*, par Gadaud, pages 32 et 38.

siens et anglais, etc., qui se chargent par la culasse, la disposition est nécessairement plus compliquée. Il faut se servir du choc au départ, de la *concussion* comme disent les Allemands, pour enflammer la composition d'un canal fusant dont la longueur est réglée suivant la distance. Tel est le fonctionnement de la *fusée Richter* que les Prussiens ont adoptée. Les projectiles du bombardement de Paris n'en étaient pas munis, et je n'ai pu la voir que sur des obus non éclatés lancés contre nos troupes de sortie ou dans nos redoutes extérieures.

La *fusée Richter*[1] se compose : 1° d'un *plateau a*, en zinc, vissé dans l'œil de l'obus, muni d'un axe central rapporté *l*, en laiton, et d'une chambre à feu *m* remplie de poudre ; 2° d'un *corps de fusée b*, en zinc, enfilé sur l'axe et pouvant tourner, autour, sur une rondelle de cuir *n* percée d'un trou *o* fermé avec de la mousseline; 3° d'un *chapeau c*, en zinc, vissé sur l'axe et servant à maintenir le corps de fusée; une rondelle *p*, en laiton, qui ne peut pas tourner, parce que son trou est hexagonal et correspond à une partie hexagonale de l'axe, est intercalée entre *b* et *c* et empêche que *b* tourne lorsqu'on serre le chapeau *c*. Le corps de fusée *b* est muni d'un *canal fusant* annulaire *q* ouvert en dessous ; en faisant tourner *b*, on peut amener un point quelconque du canal *q* au-dessus de l'ouverture *o*. Ce canal communique par une extrémité avec un évidement central ménagé dans le corps de fusée, et une aiguille *r* y est assujettie la pointe en haut. Un *percuteur* annulaire *d* en métal cassant est suspendu par deux oreilles *e e* dans l'évidement central ; il porte en dessous et juste au-dessus de l'aiguille une capsule détonante *f*. Ce percuteur est maintenu en outre à sa place par une broche de sûreté *g* en zinc que l'on enlève à la main au moment du chargement. Le choc initial brise les oreilles *ee;* le percuteur recule brusquement sur l'aiguille qui fait détoner la capsule et celle-ci enflamme l'extrémité du canal fusant. La position de l'ouverture *o* sur ce canal fixe le temps au bout duquel se produit l'explosion dans la chambre à feu *m*, et par suite l'éclatement du projectile. Pour régler ce temps, il suffit de faire tourner le corps de fusée de manière à amener une des divisions tracées sur son pourtour, vis-à-vis un repère fixe du plateau : les divisions indiquent des secondes et huitièmes de secondes. Quand le corps de fusée est à la position convenable, on le fixe en serrant le chapeau[2].

Cette fusée donne de très-bons résultats, semble-t-il; nos troupes ont souffert des schrapnels prussiens. La fusée à concussion anglaise est un peu moins certaine, dit-on.

Ces fusées à concussion, qui s'appliquent à une portée quelconque, paraissent bien préférables aux fusées à deux, quatre ou six durées de

1. Voir pl. 26, fig. 14.

2. Voir *Description du matériel d'artillerie prussien*, d'après Schott. Dumaine, 1869, page 61 ; ou *Revue de technologie militaire*, tome VI, planche 7.

l'artillerie française, qui laissent forcément certains espaces à l'abri des éclats.

On a imaginé aussi des fusées à temps qu'on pourrait appeler *fusées à rotation*. Elles comprennent une aiguille centrale filetée qui, soit par suite de l'inertie d'une masselotte appendue, soit par suite d'ailettes fixées à sa tête, ne participe pas à la rotation du projectile et du corps de fusée. Lorsque ce dernier a fait un nombre déterminé de tours autour de l'aiguille, celle-ci rencontre une amorce fulminante et fait éclater le projectile. J'ignore quels résultats pratiques a donnés cette invention.

Fusées mixtes. — L'artillerie française a beaucoup étudié certaines fusées dites *mixtes*, c'est-à-dire en même temps à durées et percutantes. On en trouvera des descriptions dans le *Mémorial de l'artillerie*, tome VIII; les fusées Florentin, Duchêne, Mercklein, etc., sont dans ce cas. La *fusée Maucourant*, modèle 1869, dont j'ai décrit la partie percutante, est aussi une fusée mixte munie de deux canaux fusants réglés l'un pour 1500 mètres, l'autre pour 3000 mètres. Je ne sais si elle a été employée en campagne comme fusée mixte; dans celles fabriquées à Paris, on a supprimé les canaux fusants.

L'artillerie anglaise emploie presque uniquement pour les canons de campagne, système Armstrong, une fusée mixte qui est en même temps à concussion et percutante; sa construction est peu simple [1]. La marine anglaise emploie aussi des systèmes assez compliqués. Les projectiles de rupture explosibles n'ont pas besoin de fusées; le choc et le frottement contre les blindages des navires développent assez de chaleur pour que la charge d'éclatement s'enflamme spontanément.

Je termine ici cette note, qui s'est allongée plus que je ne le pensais d'abord, en renvoyant le lecteur à mon avant-propos pour me défendre contre ceux qui m'accuseraient d'être sorti de mon rôle d'ingénieur civil pour empiéter sur un domaine réservé aux seuls artilleurs, ou de n'avoir pas traité assez complétement les questions comprises dans mon sujet. Je dois aussi remercier la Commission du Génie Civil qui m'a permis de me procurer bon nombre des renseignements inclus dans ces notes.

1. Voir *Proceedings of the Institution of civil engineers*, 1860, page 410. — *Revue de technologie militaire*, tome VI, planche 7.

On sait que cette Commission avait été chargée par le gouvernement de la Défense nationale de faire participer l'industrie parisienne à la fabrication du matériel et des projectiles nécessaires à l'artillerie pendant le siége : des voix plus autorisées que la mienne ont déjà fait connaître le dévouement et l'activité dont ont fait preuve les membres de cette Commission et en particulier son Président M. Tresca. Si tous les personnages civils et militaires intéressés à la défense de Paris eussent montré la même abnégation et le même patriotisme, l'issue du siége eût pu être tout autre què celle que nous avons la douleur d'avoir vue.

Janvier 1871.

RAPPORT

DE LA COMMISSION CHARGÉE D'ÉTUDIER LES MODIFICATIONS A APPORTER AU SERVICE DE LA VICINALITÉ EN FRANCE

PAR M. PIERRE THOMAS, RAPPORTEUR.

L'énoncé de l'étude à laquelle nous devions nous livrer, et l'appel fait à la collaboration de nos collègues compétents nous ont valu déjà trois communications intéressantes desquelles il faut parler d'abord.

M. Cauvet nous a remis l'étude faite au ministère de l'intérieur, à l'occasion des discussions qui ont eu lieu dernièrement à l'Assemblée nationale et à laquelle il a contribué, d'un projet de loi sur l'organisation des agents voyers.

M. Lefrançois, ancien agent voyer d'arrondissement, nous a envoyé une note fort bien faite et très-substantielle sur l'état actuel de ce même service et sur les améliorations à y apporter.

Enfin M. Malo, dans une communication détaillée, est venu appuyer par d'excellentes considérations le projet proposé en termes généraux par M. Chabrier.

De ce dernier travail nous avons peu de choses à dire; il a été imprimé et sera publié dans le bulletin, et les considérations qu'il fait valoir sont à peu de chose près les mêmes que celles développées déjà par notre collègue Chabrier.

Les mémoires de MM. Cauvet et Lefrançois sont faits tous deux à un point de vue qui, à notre avis, n'est pas celui où doit se placer la Société.

Si nous devons nous en occuper, c'est que leur matière est d'ailleurs éminemment intéressante, et que, d'autre part, le titre donné à l'étude dont nous sommes chargés (améliorations à apporter au service de la vicinalité) nous en impose l'obligation.

Faisons dès à présent nos réserves sur ce point; l'origine de la nomination de notre Commission a été la communication de M. Chabrier, relative à la création des fonctions de l'ingénieur rural en France. M. Chabrier, en face de la tendance qui se manifeste à modifier le service de la petite voirie, nous avait indiqué, comme route à suivre pour arriver au but qu'il montrait, la fusion des fonctions d'agent voyer de canton avec celles de l'ingénieur rural libre, et cette indication semblait devoir nous

amener à l'étude même des changements à apporter aux services existants.

De l'avis de tous les membres de la Commission, c'est là une étude en dehors du but que nous voulons poursuivre, et l'objet de ce premier rapport est presque tout entier de faire ressortir cette pensée.

Nous dirons largement notre opinion sur cette question secondaire, et nous demanderons à la Société la permission de nous renfermer ensuite dans celle qui nous paraît la principale à notre point de vue.

En 1836, lors de la création du service spécial des chemins vicinaux, le législateur, tout en prévoyant l'utilité incontestable de ce service, était loin de s'attendre à l'importance énorme qu'il devait acquérir, et surtout à quelle position considérable devraient arriver les agents nouveaux qui en devaient être chargés; aussi, heureusement pour le bien public, n'a-t-on pas pensé alors à faire des agents voyers un corps constitué. Laissant aux préfets et aux conseils généraux la liberté d'organisation dans la limite des attributions et des règles posées par la loi du 21 mai elle-même, on a pensé évidemment que partout où la *petite voirie*, comme on l'appelait, prendrait quelque importance, la direction supérieure en serait absorbée par le corps des ponts et chaussées; qu'ailleurs, les agents voyers, simples piqueurs de travaux, n'avaient pas besoin d'être autrement constitués que par les soins de l'administration locale.

On avait compté sans le besoin d'autonomie qui, depuis 40 ans, travaille nos administrations départementales, et sans l'antagonisme permanent et bien facile à comprendre qui existait et existera toujours entre les corps *constitués* et le contribuable représenté par ses assemblées et ses magistrats propres, les conseils communaux et départementaux, et les maires.

L'occasion offerte de *faire soi-même ses affaires* était trop belle pour ne pas être saisie immédiatement, et revendiquée par les neuf dixièmes de nos départements; aussi, partout ou presque partout, voyons-nous le service des chemins vicinaux entièrement dans les mains de l'administration départementale, tout à fait séparé des ponts et chaussées et presque toujours en rivalité ouverte avec ces derniers, jusque dans les personnes.

L'importance de la *petite voirie* est devenue telle, que les ingénieurs de l'État s'en émeuvent et en réclament la possession comme un héritage propre.

D'un autre côté, les conseils généraux inquiets de cette tendance, oubliant la véritable raison du succès des agents voyers (raison que nous développerons tout à l'heure), plutôt que de voir le service passer aux mains des ingénieurs de l'État, ce qui serait évidemment une catastrophe pour les intérêts publics, en arriveraient presque à accepter ce qu'on leur présente, comme un moyen terme, la constitution d'un *corps* d'agents voyers en France, devant contre-balancer celui des ponts et chaussées.

Il est certain que ce projet réduit à néant la plupart des arguments produits contre le service actuel des agents voyers, mais à quel prix?

On dit : les agents voyers travaillent à meilleur marché que les ingénieurs (voir les tableaux publiés à l'appui de la communication de M. Cauvet), ils font plus de besogne avec moins de personnel, ils ne dépassent guère leurs devis, ils ne font ni luxe ni travaux inutiles; tout cela est vrai, et bien d'autres choses encore à leur louange, mais pourquoi?

Ce n'est certainement pas seulement parce qu'ils s'appellent *agents voyers;* ce n'est pas parce que l'agent voyer de canton est sans contredit généralement moins *fort* que le conducteur, ni parce que l'agent d'arrondissement a moins de mathématiques que l'ingénieur ordinaire (car il ne faut pas se dissimuler que l'instruction moyenne des agents voyers en France est bien inférieure à celle du corps des ponts et chaussées). Non, c'est tout simplement parce que les agents voyers ne sont pas un *corps constitué;* c'est parce qu'ils répondent personnellement de leurs œuvres, c'est que, pour eux, il s'agit de travailler et de bien travailler, ou de disparaître; c'est qu'un agent qui a mal fait, au lieu d'être tout simplement dépaysé, comme le serait un ingénieur dans les mêmes circonstances, est mis de côté sans autre considération; c'est que, pour eux, il ne suffit pas d'avoir passé deux années sur les bancs d'une école pour avoir jusqu'à leur mort des fonctions forcées avec un avancement forcé; non, il leur faut travailler pour entrer, travailler pour rester, travailler pour monter.

Ce sont des *civils;* ils font leurs œuvres pour que leurs œuvres les fassent eux-mêmes à leur tour; aussi ont-ils fait et font-ils toujours de bonne besogne, malgré l'insuffisance fréquente de leurs connaissances techniques.

M. Lefrançois en se plaçant au point de vue de l'intérêt personnel des agents voyers, et M. Cauvet en partant de la sollicitude qu'il doit naturellement témoigner aux élèves de l'École centrale destinés, selon lui, à remplir exclusivement les fonctions en question, arrivent nécessairement à la même pétition de principe.

Tous deux, après avoir attaqué vivement l'omnipotence du corps des ponts et chaussées, son insuffisance en matière d'économie de travaux, ses tendances absorbantes et exclusives, en arrivent à proposer quoi?

La création d'une seconde institution semblable sur tout le territoire français; une école au lieu d'une autre école, église contre église; ingénieurs vicinaux au lieu d'ingénieurs des ponts et chaussées. En somme, toujours l'oppression du contribuable par l'administration centralisée dans une branche qui jusqu'ici avait échappé à ce fléau.

Nous voulons bien admettre qu'il y ait quelque chose à faire dans l'organisation des agents voyers (quelle est l'œuvre humaine à laquelle il n'y ait rien à parfaire?); mais dans la force de notre conviction, nous

dirons toujours n'organisez pas trop, ou plutôt ne réglementez pas trop; laissez un peu à l'intérêt local l'initiative de son organisation propre, et ne le gênez pas par des règlements excessifs et par une direction centrale, qui, en France, ressemble trop à des lisières pour ne pas devenir dans la plupart des cas de véritables entraves.

Un dernier mot pour répondre à la fois à la question d'intérêt public et à celle des intérêts des agents voyers.

Où se font, en France, les plus grands progrès dans les travaux? où se réalisent les meilleures économies? Dans l'industrie privée sans contredit (et nous y comprenons les chemins de fer).

Où les ingénieurs, directeurs et autres, arrivent-ils aux plus belles positions? où leur mérite est-il le plus en vue à leur propre profit? Sans contredit encore dans l'industrie privée, non-seulement en France, mais dans tous les pays du globe.

Avez-vous là trace d'un corps constitué? y trouvez-vous la garantie des examens d'entrée, des concours pour l'avancement, d'une centralisation quelconque? Non, certes! là chacun répond de lui et de son travail; l'incapable ou le paresseux sont sacrifiés sans hésitation; le travailleur ou l'homme de mérite sont recherchés et payés, et n'ont besoin ni de la faveur ni de l'ancienneté pour monter en grade.

Nous le répétons, c'est là justement ce qui a fait le succès de nos agents voyers et le rapide développement de leur service : l'initiative locale pour les projets et l'exécution, la responsabilité personnelle chez les agents; en un mot, des deux côtés, le fameux *struggle for life* des Américains, source de tout progrès et de tout grand résultat.

Pour soutenir la thèse que nous adoptons ici, nous savons que nous aurions à lutter contre d'anciens errements fort puissants, contre une aberration devenue générale en France, et qui fait souvent préférer un emploi *du gouvernement*, comme on dit, *une place modeste mais sûre, avec chance d'avancement et retraite assurée*, à la lutte productive et féconde; raisonnement de paresseux, et, osons le dire, indigne de l'esprit d'un peuple qui veut être libre.

Il faudra donc toujours faire la part de cette misérable tendance; car l'esprit français, façonné à cette disposition par des siècles du gouvernement centralisé, n'est pas près de changer et de se tourner du côté de la vraie liberté.

Nous proposerions donc, puisqu'on nous demande de proposer quelque chose, une réglementation sur les bases suivantes :

1° *L'agent voyer en chef d'un département est nommé par le conseil général et choisi forcément parmi les agents voyers d'arrondissement ayant au moins trois ans d'exercice dans le département* OU DANS TOUT AUTRE.

2° *Les agents d'arrondissement sont également nommés par le conseil géné-*

ral sur la proposition de l'agent voyer en chef, et devront posséder le diplôme d'ingénieur voyer.

3° *Le diplôme d'ingénieur voyer sera délivré au concours à tous ceux qui en voudront subir les épreuves (forme du concours et composition des jurys à déterminer); les épreuves du concours seront de deux natures : les unes théoriques, les autres pratiques.*

Tout agent voyer cantonal, voulant concourir pour le diplôme d'ingénieur voyer après cinq années de fonctions, sera dispensé de l'examen pratique; tout élève diplômé de l'École centrale sera dispensé de l'examen théorique.

4° *La nomination aux fonctions d'agent voyer de canton reste soumise aux conditions du concours déjà organisé dans la plupart des départements.*

5° *Il sera nommé par le Ministre de l'intérieur un certain nombre d'inspecteurs voyers, selon les besoins du service, chargés de régler les rapports entre les divers services départementaux et de centraliser le système vicinal par région.*

Ces inspecteurs, relevant exclusivement du ministère, seront choisis parmi les agents voyers en chef.

De cette façon, il nous semble que, sans enlever au personnel des agents voyers ses qualités essentielles, on donnerait une certaine satisfaction aux appétits de fonctionnarisme et aux réclamations de *garantie de capacité.*

Les fonctions d'agent voyer deviendraient une carrière (puisqu'on veut des carrières) pour les élèves de l'École centrale; ils y trouveraient un certain privilége d'entrée, un avancement hiérarchique et jusqu'à un bâton de maréchal dans les fonctions d'inspecteur; toutes choses mauvaises dans leur essence, condamnables dans leur principe, mais extrêmement demandées.

Abordons maintenant la véritable question que nous avons à étudier, celle de la mise en contact de l'ingénieur avec le campagnard, de la science avec la vie rurale.

Nous ne ferons presque que l'effleurer aujourd'hui, et notre principal but en publiant à la hâte ce premier rapport est plutôt de provoquer la discussion et d'appeler à nous les lumières de nos collègues; nous nous heurtons à tant de points fort délicats à toucher, que nous n'avons pas la prétention d'arriver de prime-abord à une solution entière et pratique.

Nous n'avons rien à ajouter aux considérations générales si bien développées par nos collègues MM. Chabrier et Malo. Le service à rendre est évident dans toute son importance et dans toute son étendue; la seule difficulté dans la réalisation est celle-ci : comment attirer l'ingénieur

dans la campagne, hors des grands centres industriels? comment donner à l'habitant la confiance en l'ingénieur?

L'exemple existe déjà pourtant; pour notre part, nous en avons un à citer, et nous ne doutons pas qu'il n'y en ait d'autres.

Pour celui que nous connaissons, il a fallu un concours de circonstances particulières : un de nos jeunes camarades, venu en convalescence dans son pays (un chef-lieu de canton du centre), eut l'idée d'y établir une petite industrie qui prospéra; connu dans la région où il était né, il donna d'abord quelques conseils plus ou moins écoutés, peu à peu fit des projets et des travaux, et, en fin de compte, arriva à se créer une clientèle tout agricole, fort fructueuse et honorable.

Il n'est presque pas une localité en France où l'on n'en puisse faire autant, et la position d'ingénieur libre et indépendant devrait être certes la meilleure recommandation pour arriver à acquérir la confiance de l'habitant des campagnes. Mais, d'une part, comment demander à un jeune ingénieur d'aller s'établir au hasard dans un village sans moyens d'existence initiaux; comment amener à lui la clientèle de gens qui ne le connaissent pas, qui ne se rendent même pas compte de la nature des services qu'il peut leur rendre? Il y aura d'abord pour lui une longue propagande à faire, un dur apostolat à remplir avant d'arriver à la moindre réalisation pratique.

Le moyen proposé par M. Chabrier, en tant que moyen transitoire, nous paraît être le seul applicable pour commencer l'exécution du second projet qui nous occupe; la libération de l'agent voyer de canton et sa transformation, partout où le besoin ou la possibilité sera, en ingénieur rural.

Nous demanderions aux conseils généraux de prendre la décision suivante, laissant le reste à l'initiative privée :

1° L'agent voyer cantonal pourra, en dehors de son service et pourvu que ce service n'en souffre pas, se livrer pour son compte à des travaux personnels d'ingénieur.

2° Il pourra spécialement cumuler ses fonctions avec celles d'ingénieur rural lorsqu'une ou plusieurs communes du canton voudront créer sur leur territoire des attributions de ce genre, soit rétribuées, soit gratuites.

Si nous obtenons cela, je dis que notre cause sera gagnée.

L'obtiendrons-nous?

Sur le premier point nous rencontrerons une objection formidable, de nature à nous faire refuser, par nos adversaires, la qualité d'*hommes pratiques*.

On nous dira (non pas les conseils généraux, nous ne le croyons pas), mais quelques-uns de leurs membres, et le grand chœur des hommes

d'administration, la grande puissance du jour, celle que notre devoir d'hommes de progrès est de combattre partout et toujours :

Aucun chef de service, aucun administrateur n'admettra qu'un homme payé pour une besogne, fût-elle dix fois insuffisante pour remplir son temps et occuper sa capacité, ait le droit de faire un travail étranger. — On voit d'ici le développement de l'objection et toutes les considérations qu'on peut faire valoir à l'appui.

Remarquons d'abord, pour répondre, qu'il s'agit ici en somme d'un *cumul* de fonctions et que l'exemple n'en est pas rare dans nos administrations.

Mais nous avons un argument bien plus précis dans l'existence d'un fait absolument semblable, fait qui s'est établi par la force des choses en dehors et contre la loi même du droit administratif.

Les architectes inspecteurs de la ville de Paris sont généralement nommés fort jeunes; leurs emplois sont faiblement rétribués (de 1 500 à 2 000 fr.), et il leur est spécialement interdit de s'occuper de travaux particuliers sous peine de révocation.

Eh bien ! TOUS (je ne dis pas quelques-uns ni la plupart), TOUS n'acceptent les fonctions municipales que comme un titre qui leur permet de rechercher la confiance et les travaux des particuliers.

Les uns, quand leur clientèle est faite, abandonnent les fonctions; d'autres les conservent et en font remplir les obligations par un commis; j'en pourrais citer de ceux-là qui gagnent par an cinquante mille francs et plus.

Et ce n'est pas un mystère; tout le monde à la Ville le sait, inspecteurs, chefs de service, conseil municipal et préfet.

Et jamais le règlement n'a été appliqué, jamais on a sévi; pourquoi?

C'est que, moyennant cette tolérance, la Ville est servie par des hommes de mérite qui ne lui coûtent presque rien.

Or, où est la différence entre la tolérance poussée à ce degré et l'autorisation nette et franche (avec la restriction que nous posons d'ailleurs de la bonne exécution du service avant tout)?

Quelle autorité enlevez-vous au chef de service? Dans l'organisation actuelle il a le droit de sévir et il ne peut pas moralement en user sauf le cas de négligence avérée. Dans l'hypothèse où nous nous plaçons, il conserve le droit entier lorsqu'il y aura négligence, et il en usera d'autant plus facilement que l'agent inférieur aura eu plus de libre arbitre.

Encore une fois où serait la différence entre les deux situations, si ce n'est que l'une serait nette et loyale, honnête pour l'agent, pleine de liberté d'action et de contrôle pour le chef, tandis que l'autre est pour tous deux fausse, déloyale et scandaleuse.

Si nos arguments sont compris, si nous obtenons cette décision ou toute autre du même genre, notre rôle sera alors d'agir à la fois dans la limite de nos moyens et de nos relations personnelles sur les communes

où nous en verrons la possibilité et auprès de nos jeunes camarades; de faire comprendre aux uns et aux autres les immenses avantages réciproques qui pourront résulter de la présence de l'*Ingénieur* dans les campagnes..

Aux conseils communaux, nous dirons : « Pour attirer chez vous la « présence de l'homme qui peut vous rendre les services que nous vous « indiquons, solidarisez-vous; que chaque commune du canton porte à « son budget une somme minime, de manière à porter le traitement de « l'ingénieur rural, déjà rétribué comme agent voyer, à un chiffre plus « rémunérateur.

« Que là où une surcharge budgétaire est impraticable, on se borne à « créer le titre; ce sera déjà un encouragement considérable. »

Aux jeunes ingénieurs, montrons qu'au lieu de chercher dans une grande ville une clientèle douteuse, ils en peuvent trouver une certaine dans les campagnes, avec cet avantage énorme d'avoir par les fonctions d'agent voyer le *pain* en commençant, et de plus une position locale officielle qui les imposera en quelque sorte.

Puis, quand nous aurons obtenu la sanction de quelques exemples en France, laissons faire à l'initiative intelligente; avant peu d'années les exemples se multiplieront, et il arrivera bien certainement, dans un avenir plus rapproché peut-être qu'on ne le croirait, que tel jeune ingénieur qui aurait hésité en ce moment à concourir pour les fonctions d'agent voyer de canton, en vue de celles d'ingénieur rural, ira tout droit demander aux communes ce dernier titre sans se préoccuper du premier.

Et que ceux qui auront commencé par le chemin que nous traçons aujourd'hui, ou bien auront confié le travail de la voirie à un commis salarié, ou encore auront tout simplement résigné leurs fonctions d'agent voyer pour s'adonner complétement à leurs travaux personnels, suivent en cela dans un cas ou dans l'autre l'exemple des architectes de Paris.

Alors, sans avoir rien désorganisé et surtout sans avoir créé d'*organisation* nouvelle, nous serons arrivés au but que nous montre M. Chabrier, la mise en contact de la science et de l'art avec l'agriculture.

NOTE

SUR LE

SERVICE VICINAL

PAR M. **LEFRANÇOIS**,

ANCIEN AGENT VOYER D'ARRONDISSEMENT.

Dans sa séance du 21 juillet dernier, la Société a commencé une étude sur la décentralisation du service des agents voyers et sur sa réorganisation, se proposant d'ouvrir des carrières aux jeunes ingénieurs civils.

Dès avant 1848, j'avais envisagé la question à ce point de vue. Pendant plusieurs années j'ai fait des démarches et présenté des mémoires pour le réaliser. L'amélioration désirée était sur le point d'être obtenue[1] lorsque la maladresse d'un agent voyer en chef trop pressé, et qui voulait agir par pression sur M. le ministre de l'intérieur, fit manquer l'affaire.

En ce moment, s'il est possible d'améliorer la position des agents voyers et d'ouvrir une carrière aux jeunes ingénieurs civils, il faut profiter de l'occasion qui se présente.

C'est dans cet espoir que je prends part à la discussion.

Mais avant de formuler aucun projet de réorganisation, il est bon que je fasse connaître à la Société comment est organisé le service vicinal, comment il fonctionne et quelles obligations lui sont imposées, afin qu'elle sache ce qu'il convient de faire pour arriver au but qu'elle se propose.

D'après la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux, c'est le préfet qui nomme les agents voyers et qui les nommera tant que cette loi ne sera pas abrogée.

Par suite de ce mode de nomination, l'agent voyer est un employé départemental ; il appartient à un service qui est déjà décentralisé.

Dans presque tous les départements, le service est organisé de la manière suivante :

Un agent voyer en chef, placé auprès du préfet, centralise tout le service du département. Il a sous ses ordres les agents voyers d'arrondisse-

1. Grâce à M. Meunier, chef du bureau des chemins vicinaux au Ministère de l'intérieur.

ment placés dans chacun des arrondissements, et ceux-ci, à leur tour, centralisent le service des agents voyers dont la résidence est au chef-lieu de chaque canton.

Voilà pour l'organisation du personnel, et voici maintenant les attributions de chacun :

L'agent voyer en chef centralise la comptabilité des dépenses du département, et l'agent voyer d'arrondissement préside à celles de son arrondissement.

Les dépenses sont de deux espèces : elles sont en argent, et elles sont en journées d'hommes, de chevaux, de voitures, etc.

Chaque année, après le vote du budget par le conseil général, l'agent voyer en chef connaît le montant des dépenses en argent applicables à tout le département. — Ces dépenses sont réparties entre les arrondissements par le préfet, avec le concours du conseil général.

Mais les dépenses en nature votées par les conseils municipaux appartiennent exclusivement aux communes et aux chemins qui les desservent.

Ces deux espèces de ressources à dépenser étant connues, l'agent voyer en chef se fait remettre, par chaque agent voyer d'arrondissement, la prévision des dépenses à faire dans l'arrondissement, soit pour travaux neufs de routes ou d'ouvrage d'art, soit pour main-d'œuvre d'entretien des routes, fournitures de matériaux d'entretien, etc. — C'est d'après ces projets de budgets que l'agent voyer en chef fait la distribution des fonds départementaux. — Alors chaque agent voyer d'arrondissement reçoit notification du budget de l'arrondissement. De son côté, l'agent voyer d'arrondissement est guidé, dans la distribution des fonds entre les cantons, d'après les projets de budgets qui lui ont été fournis par chaque agent voyer cantonal. — Il notifie à chacun de ceux-ci le chiffre de la dépense en main-d'œuvre seulement.

Ici le rôle de l'agent voyer d'arrondissement devient tout à fait administratif. Il faut qu'il sache le prix des matériaux à mettre sur chaque chemin, qu'il connaisse le cube indispensable à chacun d'eux, qu'il suppute le prix d'acquisition sur carrière, qu'il examine les transports qui pourront être faits par les prestations des communes, et quel cube sera transporté. — C'est alors qu'il dresse les états des fournitures à faire par les entrepreneurs.

Après que ces états ont été approuvés par qui de droit, il se met à l'œuvre pour faire opérer les approvisionnements de l'année.

Puis, chaque mois, à mesure que les travaux s'effectuent, il dresse les états de propositions de payements à faire aux employés et aux fournisseurs.

A la fin de l'année, il présente le compte des dépenses qui ont été effectuées sous ses ordres, et il les justifie par des états de personnel et par des métrés consignés sur des attachements.

De son côté, l'agent voyer cantonal, pour effectuer les travaux d'entretien des chemins, tient attachement des journées de travail des ouvriers auxiliaires, surveille les travaux d'art qui se font dans sa circonscription, dirige l'emploi des prestations des communes, tient attachement du travail exécuté et de la dépense faite, et chaque mois il fournit à l'agent voyer d'arrondissement un rapport sur tous les objets qui sont dans son service. — En outre, il trace les alignements donnés sur les voies légalement reconnues, en surveille l'exécution, veille à ce qu'il ne soit pas fait d'anticipation sur les chemins ni dans les rues, et il dresse des procès-verbaux pour la répression des contraventions.

Tel est le service auquel il s'agit d'apporter des améliorations, car il en réclame ; mais il n'y en a qu'une qui lui convienne, et cette amélioration est seulement la centralisation du personnel et non sa décentralisation.

J'en demande pardon à M. E. Chabrier ; je ne suis nullement de son avis. J'ai été plus de quinze ans agent voyer d'arrondissement ; j'ai eu le temps de voir et de réfléchir. Je sais trop bien ce que vaut la décentralisation et l'absence de discipline et de hiérarchie, par conséquent, pour la proposer comme moyen de progrès, puisqu'elle n'est qu'une cause de désagrégation.

Qu'on décentralise les affaires, qu'on les fasse résoudre sur les lieux, s'il est possible, et promptement dans tous les cas, c'est le mieux qu'on puisse désirer; mais qu'on donne de la cohésion au personnel, en le centralisant, qu'on le mette à l'abri des influences de clocher, si l'on veut qu'il acquierre de la valeur et qu'il fasse son devoir.

L'organisation actuelle des agents voyers vient à l'appui de mes paroles.

Le service vicinal n'offre à ceux qui s'y consacrent qu'une position précaire, subordonnée. — Il est aussi dangereux de faire son devoir que de l'oublier. — On ignore toujours si telle chose qui intéresse le public ne blesse pas quelque intérêt particulier, qu'il n'est pas prudent de froisser. — Il faut tout examiner et tout peser avant de parler ou d'agir, et cependant, malgré toute cette prudence, on court le risque de perdre son emploi. — L'agent voyer est non-seulement l'homme du préfet, mais il faut qu'il soit celui des conseillers généraux, du sous-préfet, du député, du maire, et ce qui est bien plus difficile à faire, de quiconque peut disposer de l'oreille du préfet. — Et tout cela, parce que c'est le préfet qui le nomme et qui le révoque quand cela lui plaît, ou qu'il y est poussé par quelqu'un qui a intérêt à ce que cela se fasse.

Voilà l'existence que la loi du 21 mai 1836 procure aux agents voyers.

Si les préfets ne changeaient jamais de résidence, beaucoup d'inconvénients disparaîtraient et la position des agents voyers serait un peu plus assurée.

Mais ce sont des fonctionnaires trop amovibles, et de là naissent de suite pour l'agent voyer des craintes pour son avenir.

Voici un exemple qui prouve qu'elles ne sont pas chimériques :

Dans un des départements qui avoisinent Paris, il y avait un agent voyer en chef qui avait construit toutes les lignes vicinales qui existaient dans le département : il avait donc servi son pays et il pouvait former l'espoir de conserver son poste encore fort longtemps.

Mais survint un nouveau préfet qui amena avec lui un protégé auquel il donna la place d'agent voyer en chef, quoique ce protégé ne fût nullement préparé à ce poste, puisqu'il n'avait été que copiste dans les bureaux du directeur des contributions directes du département qu'il venait de quitter. — En revanche, il était puissamment recommandé, et cela suffisait.

Cette nomination eut pour premier effet de jeter le découragement dans le cœur d'un agent voyer d'arrondissement qui savait son métier, puisqu'il avait passé par l'École centrale, et qui le faisait, puisqu'il voulait arriver au grade supérieur de la carrière qu'il avait embrassée, et cet agent voyer donna sa démission.

Voilà un des effets du pouvoir donné aux préfets de nommer les agents voyers. — En voici d'autres :

Dans ces conditions de nomination, l'agent voyer en chef doit devenir extrêmement malléable s'il veut conserver son emploi et éviter des ennuis; car, outre le préfet, qu'il doit satisfaire, il faut encore qu'il ne néglige pas de plaire aux conseillers généraux, puisque ce sont eux qui tiennent les cordons de la bourse et qu'ils peuvent, d'un seul coup, supprimer le service vicinal, s'ils ne votent pas les fonds nécessaires au payement des salaires et parce qu'ils peuvent diminuer ou augmenter à leur gré le chiffre des traitements selon leur vote, ainsi que celui des gratifications.

De là découlent nécessairement de nouvelles obligations pour les agents voyers.

Puis en dehors des conseillers généraux, qui méritent toujours les égards des agents voyers, il faut encore compter les députés et les maires qui y ont droit également; mais il faut encore s'incliner devant la plus petite influence qui peut arriver à se faire écouter par quelques-unes des puissances locales.

De quelque façon qu'il agisse, l'agent voyer est toujours sûr de déplaire à quelqu'un. S'il agit dans un sens pour plaire à monsieur un tel, il déplaît infailliblement à monsieur tel autre qui est son ennemi, ou qui trouve que ceci était préférable à cela.

Si l'agent voyer d'arrondissement exige que les employés qui sont mis sous ses ordres apportent de l'activité dans leur service, il doit craindre que l'agent voyer cantonal dont il se plaint ne soit le factotum de quelque personnage important qui dispose à son gré de la volonté du préfet.

Mais si l'agent voyer cantonal est une créature de l'agent voyer en chef, il ne faut pas qu'il songe à en exiger quoi que ce soit. Cet auxiliaire peut être ignare, indolent, indiscipliné tout à son aise, sans que pour cela la responsabilité de l'agent voyer soit diminuée, et que l'incapacité de ses auxiliaires puisse excuser les lenteurs et les difficultés qui se trouvent dans son service.

S'il se livre à quelque travail qui ne soit pas dans ses attributions, il soulève immédiatement contre lui les plaintes des géomètres, des architectes, etc., auxquels il fait concurrence, et de suite il reçoit l'ordre de ne s'occuper que de ce qui compose son service.

Qu'il ne songe pas à faire des études de chemins de fer pour quelque compagnie, il donnerait par là des preuves de capacité qui ne sont pas dans ce qu'on exige de lui.

Il est payé par le département; il est donc l'homme du département et il ne peut être que cela : il appartient à qui le paye.

Voilà une partie de ce que j'ai vu et de ce qui existe.

Remédiera-t-on au mal par la décentralisation qui est proposée?

Non, puis-je répondre hardiment.

On désorganisera le service vicinal, on créera aux jeunes ingénieurs des positions impossibles à tenir, et l'on contribuera à faire passer plus promptement le service vicinal entre les mains des ponts et chaussées.

Est-ce cela que l'on veut?

Ce n'est pas supposable, puisqu'on cherche à créer des positions aux jeunes ingénieurs civils.

Alors que faut-il faire? peut-on me demander.

Il faut tout simplement centraliser le personnel au ministère de l'intérieur et centraliser à la caisse des dépôts et consignations les retenues faites par la caisse des retraites, et dès lors les agents voyers acquièrent de l'indépendance; ils font leur service selon leur conscience, parce qu'ils ne craignent plus que leur avenir soit brisé par l'arrivée d'un nouveau préfet. S'ils déplaisent dans une localité, si quelque cause les force à la quitter, ils ne perdent plus, en même temps que leur position, les retenues qui leur ont été faites pour la caisse des retraites (comme cela est arrivé à quelqu'un de ma connaissance, qui a perdu quinze ans de services et quinze ans de retenues). Par là on atteint le but de la vie, qui est de se préparer de quoi passer tranquillement les derniers jours de son existence, et les jeunes ingénieurs trouvent immédiatement un avenir qui s'ouvre devant eux.

Voici maintenant, sous forme succincte, comment je formule mon opinion :

1. L'art. 17 (je crois) de la loi du 21 mai 1836 sur les chemins vicinaux, donnant à MM. les préfets le droit de nommer des agents voyers, est rapporté.

2. Le corps des agents voyers actuellement en service est centralisé au ministère de l'intérieur.

3. Le compte des caisses de retraites départementales, établies pour ces agents, sera dressé immédiatement.

4. Les fonds seront versés de suite à la caisse des retraites de la vieillesse, au crédit du corps des agents voyers.

5. Ce fonds s'augmentera chaque mois : 1° par la retenue qui sera faite sur le traitement des agents voyers en fonctions, à raison de 5 pour 100, et 2° par une somme égale à ces retenues qui sera formée par les départements où servent ces agents.

6. Après trente ans révolus de service assis, ou vingt-cinq ans de service actif, la retraite sera réglée à la moitié des appointements des cinq dernières années de service. Après quinze ans révolus de service, on aura droit à une retraite annuelle égale au quart des appointements des cinq dernières années. Au delà de quinze ans, la retraite sera proportionnelle au nombre des années de service et calculée à raison de un soixantième pour chaque année. A l'âge de soixante ans, pour les employés actuels, la retraite sera réglée à la moitié des appointements. A l'avenir, on n'admettra plus dans le service vicinal que les hommes ayant moins de trente-cinq ans, à moins qu'ils ne sortent du corps des ponts et chaussées ou des chemins de fer, et s'ils ont subi dans ces corps des retenues pour la caisse de retraite, et si le nombre d'années qu'ils ont à passer pour arriver à l'âge de soixante ans, joint au nombre d'années qu'ils ont subi des retenues, forme le nombre de soixante ans.

7. A l'avenir, la place d'agent voyer en chef ne sera donnée qu'à un agent voyer d'arrondissement et à titre d'avancement parmi les plus méritants et après quinze ans de service, au moins.

8. La place d'agent voyer d'arrondissement sera mise au concours parmi les agents voyers cantonaux du département.

9. La place d'agent voyer cantonal sera donnée au concours à tout ingénieur civil porteur d'un diplôme, que ce diplôme ait été obtenu à l'école ou hors de l'école, et à celui qui aura le plus de pratique des travaux.

10. Pour satisfaire à cette dernière disposition, chaque année il sera formé, au chef-lieu du département, une commission d'examen de tous les postulants au diplôme d'ingénieur civil. Elle sera formée de l'ingénieur en chef des ponts et chaussées, des ingénieurs d'arrondissement, de l'agent voyer en chef, des agents voyers d'arrondissement, du géomètre en chef du département, de l'architecte du département, des professeurs de mathématiques des lycées. L'examen portera sur toutes les parties du programme qui sera arrêté à cet effet. La réunion de toutes les commissions aura lieu à la même époque dans tous les départements

afin qu'un même postulant ne puisse se présenter devant plusieurs commissions, s'il venait à échouer devant l'une d'elles.

11. L'agent voyer, quel que soit son grade, étant un fonctionnaire salarié par le budget de l'État ou des communes, devra faire, pendant la durée de l'année scolaire, deux fois par semaine, des conférences publiques dans sa résidence, ou professer une des branches de la science de l'ingénieur.

Il est inutile que j'en dise davantage pour exprimer ce qu'il convient de faire dans l'intérêt de nos jeunes collègues, et je puis annoncer à la Société que M. Meunier, chef du bureau des chemins vicinaux au ministère de l'intérieur, possède le dossier de toute l'étude qui a été faite pour l'amélioration du service vicinal.

Maintenant, en terminant, je prie les jeunes ingénieurs de me permettre de leur donner quelques conseils; je m'y crois autorisé par mon âge et par ce qui m'est arrivé dans ma carrière.

Qu'ils ne s'imaginent pas, parce qu'ils sortent de l'École avec un magnifique examen de sortie, qu'ils sont aptes à remplir de suite les fonctions d'agent voyer.

J'ai eu plus d'une fois, sous mes ordres, des jeunes gens qui savaient effectuer habilement les calculs algébriques les plus difficiles, déterminer le centre de gravité des masses à remuer et qui, pourtant, se trouvaient embarrassés quand il s'agissait de faire usage du niveau d'eau, de l'équerre d'arpenteur, et quand il fallait dresser le moindre projet d'ouvrage d'art ou une rectification économique de chemin. Tout cet embarras provenait de ce qu'ils n'étaient pas préparés à descendre des hauteurs de la science à des applications si petites, et qu'ils ignoraient les pratiques par lesquelles l'intelligence établit son empire sur la matière. Aussi, après quelques années d'un travail fastidieux, ces jeunes gens finissaient-ils par donner leur démission, dégoûtés d'un métier dans lequel ils avaient moins de succès que le fils d'un entrepreneur ou que le jeune homme qui avait été commis d'entrepreneur et qui comprenait le langage des ouvriers.

Je me suis moi-même heurté à cette pierre d'achoppement, et ce n'est que lorsque j'eus pris part à de grands travaux de terrassements et de maçonnerie, que j'eus appris à pourvoir à l'organisation et à l'alimentation d'un grand chantier que la théorie s'illumina soudain et que je compris ce que les livres m'avaient enseigné; mais immédiatement aussi la théorie vint à mon secours, et les procédés pratiques eux-mêmes n'avaient guère de secrets que je ne pusse pénétrer.

Aussi dirai-je à mes jeunes camarades en labeur : quelle que soit la profession que vous embrassiez, commencez, en sortant de l'école, par

vous mettre en apprentissage, pour ainsi dire, afin d'apprendre la pratique de votre métier.

Si vous vous destinez au service vicinal, entrez chez quelque grand entrepreneur de travaux publics; apprenez à manier le niveau d'eau, l'équerre de tailleur de pierre; ne craignez pas de relever des ciselures, de tracer des épures, de faire manipuler les mortiers devant vous. Surtout faites vous-mêmes les tracés et principalement les plantations des travaux d'art, et par là vous acquerrez sur l'ouvrier un empire qui ne sera contesté par aucun d'eux, puisque chacun reconnaîtra en vous un maître et un éducateur, car je vous conseille de ne jamais refuser de donner l'explication qui vous sera demandée; et alors, quand vous aurez passé ainsi une ou deux campagnes, vous pourrez vous présenter à un concours d'agents voyers et vous serez certain de réussir; puis, quand vous serez agent voyer d'arrondissement, vous serez obéi, parce qu'il ne sera pas possible de vous en imposer sur quoi que ce soit.

Le poste d'agent voyer d'arrondissement est une fonction modeste où l'on trouve rarement l'occasion de faire usage de tout le savoir qu'on possède; mais cependant il est bon de posséder du savoir et un savoir très-varié et très-étendu, si l'on veut ne trouver que de la satisfaction à le remplir.

L'agent voyer d'arrondissement doit être apte à tout, quoiqu'il ne fasse pas tout, parce qu'il peut être appelé instantanément à faire un rapport sur toutes choses, à être consulté par le sous-préfet ou les conseillers généraux sur les choses qui sont les plus étrangères à son service. Il est l'homme des communes, il doit donc pouvoir donner son avis sur toutes les affaires qui concernent les communes.

Et puisqu'il est l'homme des communes, c'est une raison pour que MM. les députés conservent au corps des agents voyers son caractère distinct, et qu'ils ne le fassent pas disparaître dans le corps des ponts et chaussées.

Si la centralisation se fait au ministère de l'intérieur, je dirai comment l'agent voyer peut, du fond de son cabinet, voir tout l'arrondissement placé sous ses ordres, et ce qu'il doit faire pour dresser la statistique la plus vaste et la plus complète qui existe de la France.

En attendant, je fais des vœux pour que la centralisation se fasse de manière à donner des carrières aux jeunes ingénieurs civils.

L'INGÉNIEUR RURAL

PAR M. LÉON MALO,

Ingénieur civil, Maire de Chazay (Ain).

I

Si l'on étudie avec un peu de suite les conditions d'existence des populations rurales, on ne tarde pas à être frappé du mouvement incessant et progressif qui, depuis près d'un quart de siècle, se produit dans leurs mœurs et dans leurs aspirations.

Que ce mouvement soit dû à l'immense développement donné aux communications par l'établissement des chemins de fer, ou à la diffusion croissante de l'instruction primaire, ou à la renaissance du peuple à la vie politique, ou plutôt à ces trois causes réunies, le résultat n'en est pas moins réel, visible et particulièrement heureux.

Toutefois, pour être en état de constater les progrès de cette lente transfiguration, pour pouvoir en calculer sûrement les conséquences, il faut avoir vécu au milieu des campagnes et avoir observé attentivement les phénomènes de la vie communale; car c'est par des signes à peine sensibles qu'elle se manifeste. — Mêlé intimement au peuple des cultivateurs par douze années de fonctions municipales, j'ai pu, à loisir, m'imprégner de ses tendances et suivre de l'œil la marche ascensionnelle de son esprit. Je l'ai analysé consciencieusement et je me crois parvenu sur ce point à une maturité d'expérience qui me permet de parler de lui, ainsi que de l'avenir qui s'ouvre devant ses pas, sans m'égarer dans les utopies.

Je dis donc que, chez le peuple des campagnes, l'être intellectuel et moral se meut vers le progrès, d'une manière presque latente encore, mais assurée; c'est là un fait considérable et nouveau, car je ne sache pas que jusqu'à la seconde moitié de ce siècle il ait cessé d'être immobile. — 89 l'a secoué en passant, comme on galvanise un cataleptique et n'en a rien obtenu qu'un soubresaut passager; à peine a-t-il aperçu dans cette grande date de sa rédemption autre chose qu'une modification heureuse dans le régime de la propriété. Le premier empire l'a promené

pendant quinze ans d'un bout du monde à l'autre, en le frottant à toutes les civilisations et à toutes les barbaries, sans qu'il ait conservé de cette fabuleuse odyssée d'autres traces qu'une aversion opiniâtre pour tout ce qui n'est pas son champ et son clocher.

Dans ce qui précède et dans ce qui va suivre, je parle seulement de la masse des populations rurales; car on ne compte guère aujourd'hui de village où il ne se rencontre deux ou trois hommes qui, nés paysans et assez sagement orgueilleux pour s'en vanter, se détachent par l'intelligence sur la foule et la conduisent.

Il n'y a, je le répète, pas plus d'une vingtaine d'années que cette inertie séculaire s'est décidée à céder devant les causes que j'ai indiquées tout à l'heure. A partir de ce moment, le paysan, éclairé par des lumières confuses encore, s'est montré plus soucieux de son bien-être physique; symptôme décisif, précurseur de progrès plus nobles, mais aussi plus lents à venir.—De tout temps, dans la vie rurale, les soins de l'existence matérielle avaient été regardés comme un luxe. L'hygiène était une inconnue; la propreté et la commodité du logis, un superflu. En fait de travaux publics, le villageois ne connaissait que le chemin par où passaient ses bœufs. Pourvu que les routes vicinales ne se défonçassent point trop en hiver et que son char n'y fût pas embourbé plus que de raison, pourvu surtout que pour les maintenir viables, ou à peu près, on ne lui demandât rien au delà de l'absolu nécessaire, il se tenait pour satisfait. Il ne voyait pas pourquoi il ne se serait pas contenté de ce que ses ancêtres avait trouvé suffisant pour eux. L'école, si toutefois il y avait une école, demeurait dans une grange ou dans une cave; le conseil municipal siégeait dans la salle du cabaret; le bétail s'abreuvait aux mêmes mares bourbeuses où les femmes lavaient leur linge et puisaient l'eau du ménage. Un jour, le feu rasait le village sans que, souvent, on eût une goutte d'eau à jeter dessus; les toitures en chaume se reconstruisaient en chaume afin de conserver des aliments aux incendies futurs. Les maisons étaient d'ailleurs maintenues religieusement dans leur état héréditaire d'humidité, d'obscurité et de malpropreté; nul, à bien peu d'exceptions près, n'eût été assez entreprenant pour introduire l'air, la lumière et la santé dans l'asile sacré où, depuis les temps historiques, avaient croupi ses aïeux. Je ne crains pas d'être démenti en affirmant qu'il en était ainsi, il y a trente ans, dans les trois quarts des villages de France et qu'il en est de même encore aujourd'hui dans plus d'un que je pourrais nommer.

Cette apathie presque bestiale touche à sa fin; chaque jour davantage la civilisation s'infuse par tous les pores dans les masses rurales. Les villages se nettoient, s'assainissent, s'embellissent même; quelques-uns par raison, d'autres par émulation, beaucoup par instinct; le plus grand nombre, il faut bien en convenir, parce que l'administration use de sa tutelle légale sur les communes pour les pousser, parfois malgré

elles, dans cette voie nouvellement ouverte, au bout de laquelle se trouve la régénération sociale.

Mais, en travers de cette heureuse tendance, spontanée ou non, se dresse presque partout un obstacle qui en ralentit l'impulsion et souvent l'arrête tout à fait; obstacle aisé à surmonter, à la condition qu'ici, comme on s'y est déjà résigné en quelques autres cas pressants, on consente à tailler dans le vif et à modifier de fond en comble une législation spéciale, hier encore excellente, aujourd'hui insuffisante et défectueuse : celle qui régit l'institution des agents voyers.

Je vais expliquer comment au mal que je viens de signaler peut s'appliquer le remède que je propose.

II

Lorsqu'une commune rurale est saisie de ce louable désir de secouer ses antiques errements et de consacrer une partie de ses ressources à des travaux d'utilité publique, elle se trouve en général dans une perplexité extrême.

Elle veut tirer son école du bouge où ses enfants s'étiolent et la mettre dans un bâtiment sain et éclairé; elle veut édifier une mairie, un marché, une fontaine; construire un lavoir, chercher et amener dans le village une source éloignée, monter un battoir public, dériver un cours d'eau, établir un bac à traille: tout le monde est d'accord; le maire l'a proposé, le conseil municipal a voté; les fonds sont prêts; il ne reste plus qu'à exécuter.

Exécuter, comment? C'est ici que le pouvoir exécutif commence à hésiter; un abîme, l'*inconnu*, est devant lui.

En telle occurrence il n'a eu jusqu'à ce jour qu'un moyen d'agir, et ce moyen, à tort ou à raison, à tort évidemment, est un sujet d'effroi pour toute assemblée municipale : c'est d'appeler l'architecte.

Appeler l'architecte est une mesure qu'un maire de village ne prend ordinairement que lorsqu'il est très-audacieux. L'architecte fait dans les campagnes l'objet d'une superstition obstinée, quasi incurable, qui lui attribue la propriété de dissoudre les finances communales dès qu'il en a touché le premier sou. Aussi, quelle que soit l'urgence d'un travail d'utilité publique, je suis convaincu que cinquante communes sur cent réfléchiront trente ans avant de recourir à ce parti désespéré d'appeler l'architecte.

Une prévention aussi répandue, aussi opiniâtre, ajoutons aussi injuste, ne peut être sans cause.—Le fait est que le rôle de l'architecte est extrêmement difficile dans les campagnes. Le plus souvent il ignore absolument le pays où il est appelé à construire; il n'en connaît que par ouï-dire les matériaux, les prix, les usages, les intempéries spéciales. Sa surveil-

lance sur les travaux est forcément rare; son déplacement, relativement onéreux, ne peut être fréquent; les ouvrages dont il dirige de loin l'exécution sont laissés à peu près à la discrétion des entrepreneurs que le maire, fort incompétent d'ordinaire en ces matières, ne saurait contrôler efficacement : en sorte que, dans les travaux communaux de trop mince importance pour justifier la présence assidue de l'architecte, celui-ci, avec la meilleure volonté du monde, ne parvient pas toujours à éviter ces deux écueils si redoutables aux petits budgets : *Malfaçon, excédant de dépenses sur le chiffre du devis.*

Il ne faut donc point s'étonner de l'hésitation qui, dans l'esprit de l'autorité municipale, précède une détermination aussi importante que celle d'un appel à l'architecte; hésitation qui dure longtemps dans beaucoup de communes et, dans quelques autres, toujours.

Tous les travaux communaux, ou peu s'en manque (je parle toujours des communes rurales), sont logés à la même enseigne: constructions de mairies ou d'églises, consolidation des anciens bâtiments, réparation ou réfection des vieilles charpentes. Combien n'a-t-on pas vu de maires de villages qui, pour esquiver l'architecte, ont confié à d'ignorants ouvriers d'art des réparations au-dessus de leurs forces, et que d'affreux accidents ont punis de leur parcimonie mal entendue!

J'ajouterai que la compétence professionnelle des architectes limite ordinairement leur intervention à ce qui concerne le bâtiment, et que, s'il s'agit d'installations mécaniques ou d'ouvrages exigeant des connaissances chimiques ou géologiques, c'est à des ingénieurs spéciaux qu'on est obligé de s'adresser. — Il en résulte immédiatement une complication et des excès de dépenses devant lesquels les communes reculent effrayées; de façon que, ou les travaux ne s'exécutent pas, ou ils sont mis entre les mains d'empiriques mille fois plus dangereux que le plus prodigue des architectes.

C'est à cette situation, qui s'aggrave chaque jour et s'aggravera encore davantage à mesure que l'appétit de bien-être et d'embellissement viendra plus énergique aux populations rurales; c'est, dis-je, à cette situation intéressante qu'il s'agit de donner au plus vite satisfaction, si l'on ne préfère s'exposer à briser dans son élan l'heureuse impulsion dont je viens de parler il y a un instant. Tous les observateurs, qui suivent avec un peu d'attention la sourde et persévérante action du progrès sur le peuple des campagnes, diront avec moi qu'il n'est que temps d'aviser.

III

Or, il est une institution qui contient en germe les éléments du remède : c'est celle des agents voyers.

Dans son état actuel, cette institution a pour objet la construction et

l'entretien des voies vicinales; son personnel a été formé en conséquence.

Ce personnel, je le connais, je l'ai vu à l'œuvre; je le sais dévoué au bien public, prodigue de ses peines, modeste autant que laborieux et en même temps d'une complaisance et d'une bonne volonté extrême. J'ai trouvé chez lui plus d'un sujet distingué; mais, en général, s'il suffit à sa tâche, c'est que sa tâche est bornée. Donner des alignements sur les chemins publics, surveiller l'emploi des prestations dans les sept ou huit communes de son canton, faire çà et là quelques écrêtements, quelques ponceaux; projeter certaines rectifications de courbes par trop antiques; de loin en loin tracer et exécuter quelques tronçons de chemins neufs : telle est à peu près l'occupation courante d'un agent voyer cantonal. Il serait assurément inhumain d'exiger pour une telle besogne la connaissance du calcul intégral.

Ajoutons que les fonctions d'agent voyer ne sont pas ordinairement rétribuées de façon à attirer les grandes capacités. Ce n'est pas pour parvenir à un emploi de 1 500 à 1 800 francs, qui, pour le plus grand nombre, est un bâton de maréchal, qu'on sera tenté de se livrer aux longues et dispendieuses études théoriques, préliminaire obligé de l'art de l'ingénieur. Aussi ces fonctions sont-elles recherchées surtout à cause de l'exiguïté des connaissances qu'elles imposent, exiguïté qui justifie précisément la modicité des traitements.

Ce n'est donc pas sur le corps des agents voyers, tel qu'il est actuellement constitué, que nous pouvons compter pour répondre, comme il conviendrait, aux besoins nouveaux surgissant chaque jour plus impérieux autour de nous; mais c'est un cadre, il suffit de le remplir différemment.

Avant d'aller plus avant, je crois devoir déclarer que ma proposition n'a rien de révolutionnaire ni de subversif. Les modifications que je sollicite, j'entends qu'elles s'accomplissent insensiblement, prudemment, sans heurter personne : de telles transformations ne sont équitables et n'ont de chance de succès que si elles sont douces et humaines. Nulle position acquise, et souvent bien péniblement acquise, ne doit être ébranlée; c'est par voie d'extinction seulement que les substitutions s'opéreront. Il faut que l'organisation nouvelle succède à l'ancienne sans qu'un seul choc, un seul froissement se soient fait sentir.

Maintenant voici mon système dans sa substance :

L'agent voyer de canton devient un *ingénieur rural*.

L'ingénieur rural est un fonctionnaire mixte, responsable de la bonne tenue des services publics qui lui sont confiés et pour lesquels il reçoit un traitement du département, mais libre de disposer, comme il lui convient, du temps que ces services ne lui prennent pas.

Les services publics dont l'ingénieur rural est chargé sont, en outre de la vicinalité, tous les travaux communaux quels qu'ils soient, con-

struction, surveillance et entretien, que les maires ne jugent pas à propos de confier à des architectes étrangers. Une contribution spéciale, levée sur les communes proportionnellement à l'importance des travaux qu'elles font exécuter, contribution centralisée dans une caisse départementale, sert à élever jusqu'à un chiffre raisonnable le traitement des ingénieurs ruraux.

L'ingénieur rural a, d'ailleurs, la faculté de se charger de tous les travaux particuliers dont il acceptera la direction, et nous verrons tout à l'heure à quel point ces travaux pourront se multiplier; cette faculté n'aura d'autre limite que l'obligation pour lui de ne point laisser souffrir les services publics.

On voit que l'ingénieur rural est un fonctionnaire essentiellement indépendant et ne doit nullement compte au département de l'emploi de son temps; pourvu que la tâche pour l'accomplissement de laquelle le département le paye soit bien remplie, on n'a pas autre chose à lui demander. Je conviens qu'une telle façon de procéder s'éloigne des errements encore en vigueur; mais le vent est aux réformes; il ne s'en faut point effrayer. Le système qui consiste à organiser militairement les administrations, à les plier à une hiérarchie inflexible et absorbante, à présenter l'employé, non comme une volonté intelligente, mais comme le rouage inconscient d'une machine immense, ce système voit sa faveur décroître de jour en jour et l'initiative privée prendre de plus en plus sa place. La situation que j'indique n'est pas du reste une nouveauté : nombre d'architectes de villes ou de départements ont des positions analogues à celle que je réclame pour l'ingénieur rural, et les services publics qui leur sont confiés n'en vont pas plus mal.

J'ai énuméré plus haut quelques-uns des divers travaux qui s'exécutent mal ou ne s'exécutent pas, faute des capacités nécessaires : parmi ces travaux, les uns sont communaux et rentreront dans les services publics; les autres sont particuliers et formeront le casuel de l'ingénieur rural. Mais celui-ci n'aura pas seulement pour mission de satisfaire aux demandes qui viendront à lui; il provoquera les tardifs, secouera les hésitants, poussera chacun aux dépenses productives. Au nombre et au premier rang de ces dépenses productives, je placerai celles qui se rapportent à l'agriculture. Je me contenterai de celles-là, par exemple.

IV

Jamais, à aucune époque, on n'a vu un élan aussi universel, aussi intelligent, je dirai presque aussi passionné, vers l'agriculture. Aujourd'hui tout propriétaire, quel que soit son rang et même son illustration, met sa vanité à briller dans les concours régionaux. Les méthodes rationnelles de culture, les instruments aratoires perfectionnés ont pénétré

partout et y pénétreront encore d'avantage à mesure que le petit cultivateur, poussé lui-même vers le progrès, quoique avec une intensité moindre, parviendra à se dépouiller de cette terreur native qui lui fait un fantôme de toute chose inconnue ou mal connue.

Or, s'il est vrai que la grande culture, trop théorique, trop spéculative, porte souvent la ruine dans ses flancs, il est vrai aussi que dans le matériel agricole raisonné, dans la connaissance approfondie des mœurs et des besoins de la terre, dans la science en un mot, gisent l'avenir de l'agriculture et le bien-être futur des populations rurales.

Mais à peine est-il permis au savant de raisonner un outil d'agriculture. Rien en telle matière ne vaut l'expérience : or l'expérience coûte cher. La grande propriété seule peut s'en donner le luxe, et quand, à force d'argent, cette expérience a été obtenue, elle n'a guère d'utilité pour le petit cultivateur que personne ne guide vers elle et qui n'ose marcher seul à sa recherche, de peur de trébucher en chemin; sachant, comme il le sait, ce que valent pour lui de pareilles chutes.

C'est ici que le rôle de l'ingénieur rural atteindra son *maximum* d'utilité. et je ne crains pas de prédire que, s'il est ce que je souhaite qu'il soit, ce rôle sera celui de destructeur du paganisme agricole.

Oui, lorsque le cultivateur aura pris confiance en lui, en son talent, en son intégrité, c'est par lui qu'il se laissera diriger dans le choix de ses instruments aratoires et même dans le mode d'exploitation de ses terres. Ce ne sera l'affaire ni d'un jour ni d'une année; le paysan ne se livre pas si vite : mais la confiance viendra infailliblement à son heure, et quand elle sera venue, elle sera sans réserve.

Sans doute l'ingénieur rural commencera par être inexpérimenté; il aura besoin d'observer beaucoup, de fréquenter la terre et ceux qui la travaillent, d'éplucher les vieux errements, de creuser les usages séculaires, afin d'en retirer le fruit que presque toujours ils renferment enfoui sous triple écorce. Il aura à faire un long et pénible travail d'élimination pour purifier les connaissances agricoles des préjugés et des erreurs héréditaires, pour séparer la pratique de la routine. Mais lorsque, mariant le produit de ses analyses au résultat de ses observations, il aura acquis cette science prudente et positive qui est le nerf de la saine agriculture, notre ingénieur deviendra l'oracle écouté de la population rurale. Je n'ose, de crainte d'être accusé d'enthousiasme, dire tout ce que j'aperçois de fécond derrière ces deux puissances conjuguées : l'ingénieur et l'agriculteur. Mais ce que j'y puis montrer comme certain, c'est la réalisation prochaine de ce que je regarde « comme le couronnement de l'œuvre » en matière d'agriculture : l'*Association agricole*.

L'association agricole, dégagée de ce parfum d'utopie qu'on lui trouve encore, rendue praticable par une étude calme et sérieuse, amènera selon moi la transfiguration du petit cultivateur. Transformer la petite et grande culture, ui rendre applicables les instruments et les méthodes écono

miques, voilà en trois mots quel sera l'effet de l'association agricole. Lorsque dix, vingt, cinquante propriétaires se seront mis sous la direction d'un syndicat actif et expérimenté pour l'acquisition d'un matériel mécanique dont chacun se servira à tour de rôle ou bien qui fonctionnera sur l'ensemble des terres ou de la récolte, sauf à répartir ensuite le produit au *prorata* des surfaces cultivées, les petits capitaux n'auront rien à envier aux grands. Mais, je le répète, rien de cela n'est possible sans l'assistance assidue et dévouée de la science intervenant sous la figure de notre ingénieur rural : c'est lui qui donnera les conseils nécessaires pour la constitution des sociétés, pour le choix, l'emploi et l'entretien du matériel social, pour les travaux de drainage, d'irrigation et d'assainissement exécutés dans l'intérêt commun. C'est lui qui sera l'apôtre de la régénération agricole dont les temps sont venus.

V

Maintenant que j'ai dit tout l'intérêt qui s'attache à la création d'un corps d'ingénieurs ruraux, c'est-à-dire d'agents mixtes appartenant à la fois à l'administration départementale et à la clientèle privée, il me reste à démontrer que les cadres de l'institution, telle que je l'ai décrite, seront aisément et sérieusement remplis.

La source, non pas unique, j'insiste sur ce point, mais principale où s'alimenteront ces cadres, sera l'une des cinq grandes écoles de l'État : l'École centrale.— Je dis « principale, » parce que je n'entends en aucune façon éloigner les sujets qui, n'ayant fréquenté aucune école spéciale, aspireraient cependant à suivre cette nouvelle carrière et justifieraient des connaissances qu'elle exigera. C'est aux coucours que se donneront les places, n'importe l'origine des candidats.

Mais il est évident, cependant, que, dans la réalité, le plus grand nombre des emplois sera envahi par les élèves de cette École qui, aux termes de son décret constitutif, est destinée « *à former des ingénieurs pour tous les services publics qui n'appartiennent pas nécessairement à l'École polytechnique.* » Son programme actuel répond déjà remarquablement aux besoins que j'ai signalés. Son enseignement comprend en effet, outre les sciences exactes, tout l'ensemble des sciences pratiques et d'observation. Mécanique, architecture, ponts et chaussées, chemins de fer, physique et chimie industrielles, géologie, exploitation des mines, droit administratif: telles sont en substance les connaissances qu'on y puise. Nul programme, pas même celui de l'École polytechnique n'est, sinon plus approfondi, du moins plus encyclopédique, plus apte par conséquent à répondre aux exigences que j'ai signalées. Je n'y vois qu'une seule lacune facile à combler d'ailleurs, c'est l'absence d'un cours spécial d'enseignement agricole. Sans doute les éléments de cet enseignement se trouvent répartis entre

tous les autres cours, mais la création que je désire, si elle devenait un jour une réalité, conduirait évidemment l'École à instituer ce cours nécessaire.

Je ne veux pas m'étendre sur cette partie de la question ; elle n'a besoin, ici, que d'être énoncée. J'insisterai seulement sur l'attraction qu'exercera probablement sur les sujets jeunes et instruits le nouveau débouché qui leur sera ouvert.

Il est certain qu'aujourd'hui la science court les rues ; autrefois c'était l'esprit. Tout le monde est savant en ce temps-ci, comme, au dernier siècle, tout le monde était spirituel. La jeunesse se porte vers les écoles industrielles avec un tel empressement, qu'à cette heure il y a véritablement affluence de capacités ; et l'horizon ouvert aux jeunes ingénieurs n'étant plus proportionné à leur nombre, il s'est produit dans les carrières positives une sorte d'encombrement favorable à l'entreprise que je conseille.

Les jeunes gens sortis de l'École centrale ne peuvent se contenter dela situation et surtout de l'avenir offerts aux fonctions actuelles d'agent voyer. En cas seulement de détresse, ils se résignent à les accepter. Et cette répugnance se conçoit : ce n'est pas après de longues et dispendieuses études représentant, comme argent et comme travail, un capital relativement considérable, qu'on se soumet volontiers à une existence de fatigues, souvent de privations, sans espoir d'amélioration future. Mais si ces fonctions prenaient l'extension que je propose de leur donner, si surtout on leur ouvrait la perspective d'une clientèle privée dont on laisserait à l'intelligence et à l'activité du titulaire le soin d'élargir le cercle, nul doute qu'elles ne devinssent assez enviables pour attirer à elles le trop plein des capacités qui encombrent les carrières industrielles.

J'insiste particulièrement sur ce point que, d'un côté se trouve une grande affluence de capacités stérilisées par le manque de travail ; de l'autre, des besoins nombreux et impérieux restés inassouvis, faute précisément de se rencontrer avec ces capacités oisives malgré elle. Il ne s'agit que d'aboucher ceux-là avec celles-ci ; de mettre l'offre en contact avec la demande.

Voilà une tâche bien simple et bien glorieuse à la fois qui se présente au département dont le conseil général serait assez osé pour rompre en visière avec la routine. Par ce temps d'audaces industrielles et de hardiesses politiques, serait-il téméraire d'espérer que ce conseil général se découvrira ?

VI

Si jamais moment fut propice pour la mise en pratique d'une idée comme celle qui vient d'être exposée, c'est assurément le moment où nous sommes.

Je ne veux point juger la nouvelle loi sur les conseils généraux. Elle ne satisfait pas tout le monde : les uns la trouvent trop avancée dans le sens de la décentralisation et craignent qu'elle ne devienne à la longue un dissolvant de l'unité nationale ; les autres pensent, au contraire, qu'en se bornant à la décentralisation administrative et en interdisant aux conseils généraux de prendre un rôle politique, elle est restée en arrière de ce que la situation nouvelle exigeait. Entre ces deux extrêmes, les hommes prudents se contentent de penser que c'est une loi pétrie de bonnes intentions et renfermant le germe de tous les progrès à venir ; mais imparfaite comme toutes les lois élaborées dans des temps agités. Celle-ci aura pour vice originel d'être née au milieu de passions et d'inquiétudes inouïes ; peut-être aussi d'avoir été discutée en plein mois de juillet, par 30 degrés de température.

Quoi qu'il en soit, les conseils généraux ont désormais un caractère d'autorité qui leur permettra de briser au besoin la routine des administrations ; ce sera un triomphe sans précédent, car on en est encore à connaître le pouvoir devant lequel la routine des administrations ait plié.

Ce n'est pas à dire que les conseils généraux aient de prime-abord cette vigueur. Leur mode d'élection est déjà par lui-même une routine. Il est d'usage que, dans chaque canton, ce soit l'homme influent, et non pas toujours l'homme méritant, qui arrive à l'assemblée départementale, et cet usage est trop vieux pour se réformer aisément. Cependant, lorsque les fonctions de conseiller général auront cessé d'être une simple occasion de dîner une fois l'an chez M. le préfet ; lorsqu'au contraire, elles seront une tâche laborieuse et absorbante ; lorsqu'elles procureront plus de peine que de gloriole et qu'elles flatteront moins la vanité qu'elles ne coûteront de travail, il est à présumer que petit à petit les titulaires nonchalants ou incapables céderont la place à de plus dévoués et à de plus compétents. C'est un des objectifs de la nouvelle loi ; il faut espérer que ce sera un de ses résultats.

C'est donc aux conseils généraux, émanation directe et immédiate de l'esprit rural, aux conseils généraux livrés à leurs instincts décentralisateurs qu'il appartient de réaliser l'amélioration, selon moi considérable, qui fait le sujet de la présente note. Elle est de leur ressort ; ils ont maintenant dans la main tous les pouvoirs nécessaires pour la mener à bien et pour en tirer ce qu'elle peut renfermer de bon et d'utile.

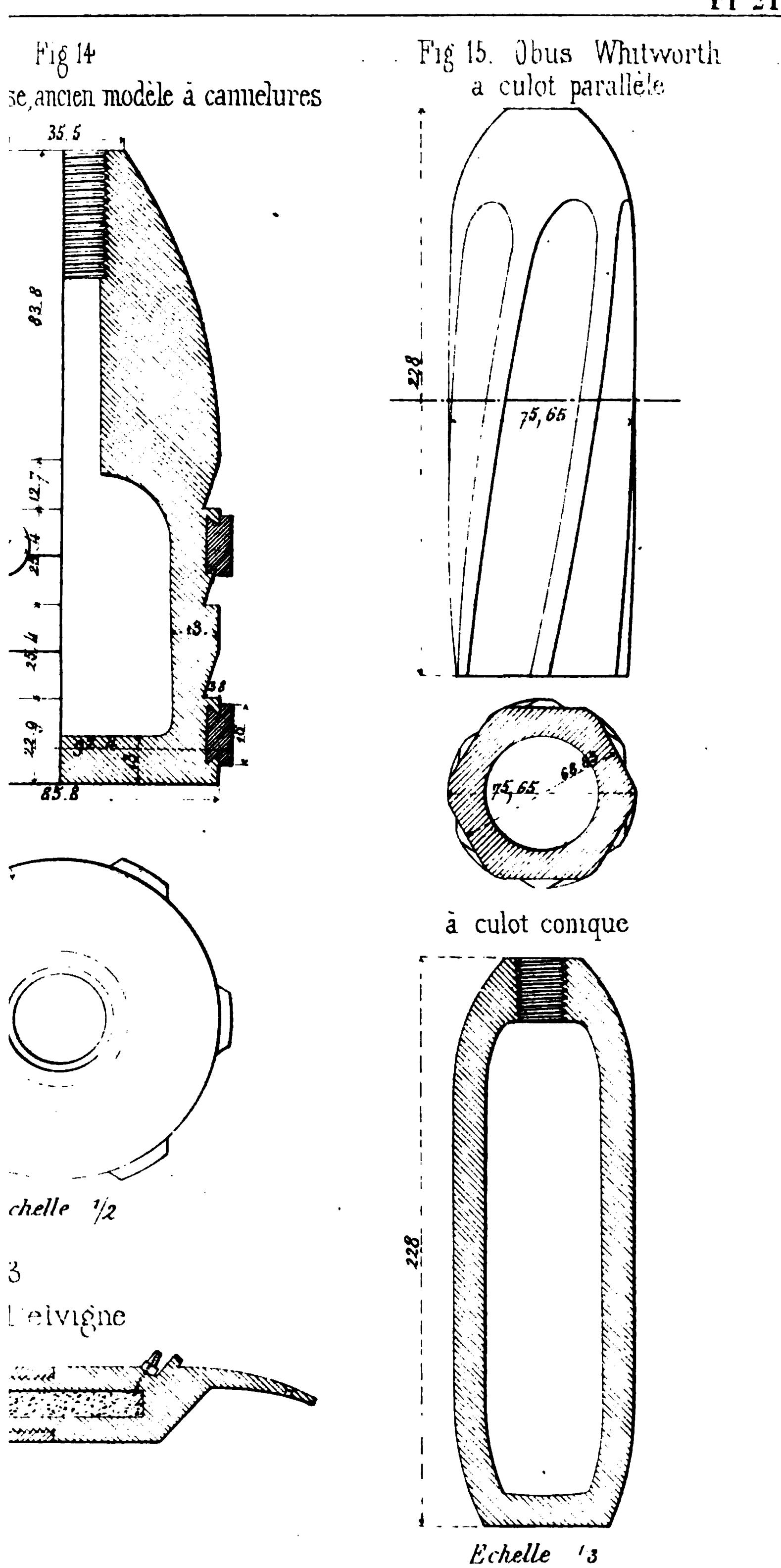
Mais nul n'ignore avec quelle lenteur une amélioration, si excellente qu'elle puisse être, passe de la théorie à la pratique, si une volonté énergique et autorisée ne vient lui donner l'impulsion. Qu'on excuse cette image familière : ce qui coûte le plus dans cette transition, c'est le *démarrage*. On ne doit pas demander aux conseils généraux, surtout dans la période d'incubation de leur autorité nouvelle, des actes d'initiative aussi audacieux que celui que je propose; il faut leur amener l'idée toute *démarrée* et démarrée par une autre autorité compétente et spéciale.

Cette autorité, selon moi, doit être la Société des ingénieurs civils.

Que la Société étudie cette grave question de l'émancipation du génie rural; qu'elle la réfléchisse, qu'elle l'élucide par une discussion sérieuse, et que, ainsi préparée, elle la présente aux conseils généraux. Nul doute que ceux-ci ne l'accueillent avec la faveur qui s'attache forcément à un tel patronage. Tout le monde y gagnera : la Société d'abord, en élargissant le cadre de ses débats; les conseils généraux ensuite, en recevant sur cette question, si importante pour les populations rurales, des aliments tout digérés; enfin, et surtout les populations rurales elles-mêmes dont le bien-être, moral et physique, ne progressera véritablement que le jour où, débarrassées de la tutelle énervante des administrations centrales, elles seront régénérées par l'action salutaire des libertés municipales et de l'initiative privée.

Août 1871.

Paris. Imprimerie VIÉVILLE et CAPIOMONT, 6, rue des Poitevins.



Autog. Broise, Rue de Dunkerque 43 Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(AVRIL, MAI, JUIN 1871

N° 14

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Barrage permettant de faire une distribution de force motrice à domicile* (séance du 14 avril, page 162).

2° *Égouts de Londres* (*Service des*), par M. Brüll (séance du 9 juin, page 165).

3° *Situation financière de la Société* (séance du 23 juin, page 167).

4° *Élection des membres du Bureau et du Comité* (séance du 23 juin, page 170).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Brüll, membre de la Société, un exemplaire de sa *Notice sur la dynamite, sa composition et ses propriétés explosibles.*

2° De M. Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire du 13e fascicule de l'*Enquête parlementaire sur la marine marchande.*

3° De M. Thomé de Gamond, membre de la Société, des exemplaires de son mémoire sur l'*établissement de la République fédérale en France*.

4° De M. Yvon-Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude sur le mouvement des meules horizontales de moulins à blé, et méthodes pour les équilibrer*.

5° De M. J.-J. Meyer, un exemplaire de sa notice sur ses *Locomotives à douze roues couplées par groupes indépendants de six*.

6° *Annales industrielles*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

7° De la *Société des ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du premier trimestre de 1871.

8° De l'Institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du premier trimestre 1871 de son bulletin.

9° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de mai et juin de 1871.

10° De la *Revue horticole*, les numéros du premier trimestre 1871.

11° De la *Gazette du Village*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

12° De la *Société des ingénieurs autrichiens*, les numéros 9 et 10 de 1870, de leur *Revue périodique*.

13° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 7 de 1870.

14° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du quatrième trimestre 1870 de son bulletin.

15° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

16° De la *Revue d'architecture*, les numéros 1 et 2 de l'année 1871.

17° De la Revue *les Mondes*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

18° Du journal *The Engineer*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

19° De la *Société d'encouragement*, les numéros du deuxième trimestre 1871 de son bulletin.

20° De la *Société de géographie*, les numéros du deuxième trimestre 1871 de son bulletin.

21° De la *Société impériale et centrale d'agriculture*, le numéro de mai 1870 de son bulletin.

22° Du journal *l'Invention*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

23° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du premier trimestre 1871.

24° De la *Revue des Deux-Mondes*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

25° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

26° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

27° Du journal *l'Isthme de Suez*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

28° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

29° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

30° Du journal *le Cosmos*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

31° Du *Génie industriel*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

32° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

33° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du premier trimestre 1871.

34° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

35° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

36° Du *Propagateur des travaux en fer*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

37° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

38° De la *Propagation industrielle*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

39° Du journal *Engineering*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

40° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

41° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le deuxième numéro de son bulletin de 1871.

42° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome VIII de la troisième série de son bulletin.

43° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceedings de 1871.

44° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1871.

45° Du *Comité des forges de France*, les numéros 67 à 68 du bulletin.

46° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro de septembre 1870 de son bulletin.

47° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 9 et 10 de 1870 de son bulletin.

48° Des *Annales des mines*, les numéros des 4°, 5° et 6° livraisons de 1871.

49° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

50° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du quatrième trimestre 1870.

51° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

52° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du troisième trimestre 1869 de son bulletin.

53° *A Magyar Mérnök-Egyesület Közlonye*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

54° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du deuxième trimestre 1871.

55° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, les numéros de septembre et d'octobre 1869 de son bulletin.

56° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de 1870 de leur bulletin.

57° *Société des Arts d'Edimburgh*, le premier numéro de son bulletin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IIe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1871

Séance du 14 Avril 1871.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 17 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la séance du 9 décembre dernier, il avait été décidé que les élections des Membres du Bureau et du Comité seraient ajournées.

Le Comité, dans sa dernière séance, a pensé qu'il pourrait être proposé, aujourd'hui, de procéder aux élections dans la séance du vendredi 28 avril, et que des élections préparatoires pourraient avoir lieu vendredi prochain 21 courant.

En raison du petit nombre de sociétaires présents à la séance, il est décidé que cette proposition sera ajournée jusqu'à la séance du 28 avril, et que les élections préparatoires pourront avoir lieu ce même jour, si le nombre des sociétaires présents est suffisant; dans ce cas, les élections générales auraient lieu dans l'une des prochaines séances.

M. LE PRÉSIDENT pense qu'en raison des événements, il y a lieu d'ajourner la communication que M. Jordan devait faire, sur la fabrication des projectiles.

M. GIRARD demande la parole pour entretenir la Société de son projet de barrage, permettant de faire une distribution de force motrice à domicile.

Il rappelle qu'il y a plusieurs années, il a présenté son projet au Ministre des travaux publics; le Conseil des ponts et chaussées a nommé une commission, et M. Perrier, inspecteur général, chargé de faire un rapport, a émis l'avis de donner suite à ce projet.

M. GIRARD pense qu'il serait facile, par la distribution de la force à domicile, d'avoir un nombre considérable de petits ateliers groupés autour de son chemin de fer à propulsion hydraulique. Ces ateliers trouveraient à la fois la force et les matières premières.

La distribution de la force à domicile, en utilisant la puissance de nos fleuves, amè-

nerait infailliblement la division du travail industriel, et par suite son émancipation. La création d'une grande quantité de propriétés industrielles atteindrait le même but que le morcellement de la propriété territoriale, qui a produit en France un grand soulagement dans la classe si nombreuse des agriculteurs.

Avant d'exposer les moyens d'arriver à une meilleure organisation de la richesse publique, M. Girard pense que la division du travail industriel, par l'emploi des forces motrices à domicile, serait le moyen le plus efficace pour arriver à accroître cette richesse publique, en donnant à tous une prospérité relative.

Il faut de grands établissements pour effectuer les grands travaux industriels, mais à côté d'eux on pourrait créer une multitude de petits ateliers munis de leur force motrice, destinée à remplacer la force musculaire qui absorbe les facultés intellectuelles du producteur.

Pour arriver à la création de ces nombreux ateliers, il faudrait réaliser deux choses capitales : la première serait l'aménagement de la force motrice par la création de barrages établis sur les fleuves, et de puissants moteurs destinés à refouler l'eau sous de hautes pressions, cette eau étant ensuite dirigée au moyen d'une canalisation dans diverses localités, pour être distribuée à domicile. Cette première opération peut se faire aujourd'hui, grâce au grand progrès accompli dans les arts mécaniques.

En effet, barrages, moteurs, machines élévatoires, moteurs à domicile, tout cela existe et recevra encore de nouveaux perfectionnements au fur et à mesure de leur application en grand.

Le moyen d'arriver à ce premier résultat serait que le gouvernement fît ce qui a été fait lors de la création des chemins de fer : une loi semblable à celle de 1842 mettrait à la charge de l'État tous les travaux d'art comprenant : 1° les fondations des barrages; 2° les fondations des machines élévatoires et les bâtiments destinés à les renfermer; puis des compagnies de force à domicile seraient créées qui viendraient placer le matériel mouvant, barrage mobile, moteur, établir la canalisation et fonder toute la série des petits bâtiments propres à recevoir le matériel que le petit producteur installerait à son compte, suivant le besoin de son industrie.

M. Girard ne croit pas nécessaire, quant à présent, de déterminer quelle devrait être la puissance motrice qu'il faudrait allouer à chaque industriel. Tout ce qu'on peut prévoir, c'est que cette force devrait être distribuée de manière à créer de très-petits ateliers, afin de faciliter les moins riches à y venir exercer leur industrie. Il ne pense pas non plus qu'on puisse, dès à présent, fixer ce que les compagnies devraient louer cette force par cheval; c'est une étude à faire pour les différentes localités traversées par la canalisation.

Cette dépense pourrait varier dans certaines proportions; mais, à coup sûr, la redevance serait très-réduite, comparativement au prix de la force de la vapeur, surtout pour les moteurs des petits ateliers.

M. Girard termine en disant qu'il est occupé en ce moment à faire établir, comme première application, un barrage sur l'Yonne à l'île Brulée; et qu'il propose actuellement l'établissement d'un grand barrage sur le Rhône à Lyon au confluent de la Saône, barrage qui fournira environ la force de 10 000 chevaux. Sur tout le parcours du Rhône, on pourrait établir 40 à 50 barrages semblables, soit une force totale de 4 à 500 000 chevaux.

M. Thomé de Gamond dit qu'il a également étudié cette question hydraulique dès 1832; il a soumis alors au gouvernement un projet d'utilisation de tous les cours

d'eau de la France, au moyen d'un appareil hydraulique fort simple, prenant les rivières à l'état sauvage, où elles sont depuis la création, pour les approprier à tous les services d'utilisation dont elles sont susceptibles.

Il y a en France 130 000 kilomètres de cours d'eau, qui pourraient être utilisés en supprimant le plan incliné d'écoulement, et le remplaçant par un escalier hydraulique, permettant le maintien du régime du plein en tout temps pour la navigation, évitant les inondations, et permettant d'irriguer une partie des 26 millions d'hectares de terre en culture. L'agriculture trouverait là un grand auxiliaire; dans le Midi, par exemple, on pourrait faucher trois fois au lieu d'une.

M. Thomé de Gamond a renouvelé sa proposition en 1843; mais à cette époque, le gouvernement était lancé dans l'établissement des chemins de fer, et il lui fut répondu que le moment n'était pas opportun. Depuis, il a toujours travaillé à ce projet, il a d'abord rédigé quatre volumes in-4°, qu'il a réduits à un seul volume, puis enfin à cinquante pages afin d'être lu.

M. Thomé de Gamond pense que l'État pourrait entrer dans une partie de la dépense de premier établissement, comme il a été fait pour la construction des chemins de fer, et l'autre partie serait faite par l'industrie privée. L'État pourrait également autoriser l'expropriation des terrains situés autour des chutes d'eau, de façon à attirer les industries qui ont besoin de grandes forces motrices qu'on pourrait leur donner presque pour rien, comparativement à la dépense de combustible qu'elles seraient obligées de faire pour obtenir le même résultat.

La France pourrait être divisée en quatre grands bassins hydrographiques, exploités par des compagnies concessionnaires : ce serait un moyen certain de répandre une vie active dans l'industrie agricole et manufacturière, et de pouvoir, dans quelques années, rentrer dans une partie des pertes que notre pauvre France vient d'éprouver; de plus, les travaux considérables qu'il y aurait à exécuter seraient un débouché pour nos jeunes ingénieurs, qui trouveraient là de belles positions à prendre, et un moyen d'utiliser leurs aptitudes.

M. Thomé de Gamond prépare la prochaine publication de ce plan d'ensemble de l'appareil hydraulique de la France. Il se propose d'en entretenir notre Société, quand les circonstances permettront des réunions plus complètes.

MM. Belin, Bénédic, Berton, Conchon, Damoizeau, Delaporte, Doury, Gignoux, Fleury, Maury, Piquet, de Selle, Tresca (Gustave), de Ville ont été reçus Membres sociétaires, et M. de La Martellière, Membre associé.

Séance du 9 Juin 1871.

Présidence de M. Loustau.

M. le Président annonce le décès de MM. Girard, Lévy et Roseau, Membres de la Société.

Il rappelle ensuite que la réunion de ce jour avait pour but de décider si les élections préparatoires auraient lieu le 16 juin; après une courte discussion, il est décidé

que ces élections auront lieu, et qu'une Circulaire sera adressée à tous les Sociétaires pour les engager à venir à ces élections, afin de réunir le plus grand nombre de voix possible pour les candidats présentés comme Membres du Bureau et du Comité.

L'ordre du jour ne comportant aucune communication, M. le Président demande si un des Membres présents veut entretenir la Société de quelque sujet pouvant l'intéresser.

M. Brüll propose de rapporter, faute de mieux, quelques observations qu'il a été à même de faire récemment, à Londres, sur le service des égouts et sur les essais d'utilisation des eaux. Comme la Société a été mise au courant, par les travaux de M. Durand-Claye, de la situation de ces questions à Paris, il pourra être intéressant de comparer sous ce rapport les deux grandes villes.

A Londres, les maisons ont à peu près toutes des water-closets, et la vidange s'écoule à l'égout par un tuyau de descente avec les eaux ménagères; par contre, les rues ne sont pas lavées à la lance, et les boues sont enlevées par charroi. C'est l'inverse à Paris, de sorte que si les maisons sont mieux assainies à Londres, les voies publiques y sont moins propres. Il résulte aussi de ces différences une grande dissemblance dans la nature des eaux d'égout. Malgré la distribution d'eau plus abondante, l'eau des égouts de Londres est bien plus riche en matières azotées que celle de Paris; mais elle est beaucoup moins chargée de matières solides en suspension. Aussi les égouts ont moins de pente que les nôtres et n'ont pas besoin de ces énormes sections qu'a exigées à Paris la nécessité d'un curage difficile. De plus, l'eau de Londres est plus nuisible au point de vue hygiénique et plus précieuse au point de vue agricole que celle de Paris; elle est plus difficile à épurer par des procédés mécaniques ou chimiques, puisqu'il ne s'agit plus de séparer des corps en suspension, mais bien d'enlever des matières organiques dissoutes.

La ville de Londres a dû s'imposer dans ces dernières années d'énormes dépenses pour intercepter les nombreux collecteurs qui se jetaient dans la Tamise, le long de son parcours dans la ville, et après les efforts impuissants de plusieurs commissions, le bureau municipal des travaux, qui est une assemblée de membres élus par les 39 paroisses de la métropole, a fait exécuter d'immenses travaux pour recueillir à un niveau convenable les eaux de ces collecteurs, les réunir dans trois collecteurs principaux sur chaque rive, et les conduire enfin à deux débouchés situés à 17 kilomètres en aval du pont de Londres. C'est M. Bazalgette, l'ingénieur en chef du bureau municipal, qui a étudié ce gigantesque projet et qui l'a mené à bonne fin, Comme la chute disponible ne suffisait pas pour assurer l'écoulement, il a fallu relever les eaux inférieures en plusieurs points de leur parcours et trois usines élévatoires à vapeur ont été établies, présentant ensemble une force de 2000 chevaux. Les collecteurs principaux de la rive nord amènent les eaux à Barking, et les jettent dans un grand réservoir capable d'emmagasiner le débit de douze heures et qui se vide dans la Tamise à marée haute pendant trois heures. De même les collecteurs de la rive sud aboutissent à Crossness, presque en face de Barking. La marée en ces points atteint près de 4 mètres de hauteur, de sorte que les impuretés sont entraînées par l'énorme débit du fleuve à haute mer, et ne remontent jamais en amont des deux bouches. Tout inconvénient hygiénique se trouve évité, et le problème peut être considéré comme résolu au point de vue municipal.

Les grands travaux de M. Belgrand, à Paris, n'ont pas amené encore une situation

aussi satisfaisante. Nous avons aussi deux débouchés en Seine : l'un à Clichy où aboutit le grand collecteur de la rive droite auquel se réunit près de son extrémité le collecteur de la rive gauche, et l'autre à Saint-Denis, où débouche le collecteur départemental.

En ces deux points, la Seine a un débit très-faible, comparé à celui de la Tamise; il n'y a pas de marée, et les villages situés dans le voisinage et en aval souffrent profondément de la pollution des eaux de la Seine et de la viciation de l'atmosphère. Le fleuve s'obstrue rapidement par le dépôt de 200 tonnes par jour de matières solides. De plus, nos égouts ne nous débarrassent pas des vidanges, et il faut encore subir l'enlèvement par tonneaux, qui coûte 8 millions par an aux propriétaires, et qui incommode et empeste la ville; et aussi la manutention si arriérée de Bondy, qui est un fléau pour les villages voisins, et n'extrait des matières qu'une faible fraction des éléments fertilisants qu'elles contiennent.

Voyons maintenant les tentatives faites, de part et d'autre, pour l'utilisation des eaux d'égout. La Société connaît les travaux entrepris à Clichy et à Gennevilliers. La démonstration est complète : l'irrigation ne présente ni difficultés ni inconvénients; elle produit de magnifiques récoltes sur des terrains presque stériles; elle est demandée par les cultivateurs, et paraît déjà susceptible de fournir quelques recettes. Les terrains de la plaine de Gennevilliers sont bien appropriés pour l'absorption des eaux, et les ingénieurs sont prêts avec des projets tout étudiés à répandre en arrosages tout le débit des collecteurs. Les quantités qui ne seraient pas demandées pour la culture peuvent être, par un procédé expérimenté, suffisamment épurées pour être rejetées en Seine sans inconvénient sérieux.

A Londres, les procédés d'épuration, appliqués cependant dans plusieurs petites villes d'Angleterre, sont en général condamnés par les ingénieurs spéciaux, après les expériences les plus variées; ils n'enlèvent aux eaux qu'une trop faible fraction des matières organiques dissoutes, de sorte que l'eau épurée est presque aussi embarrassante que l'eau brute, tandis que l'engrais fabriqué ne présente qu'une valeur médiocre.

Cependant, la compagnie de l'A. B. C., qui emploie pour purifier l'eau d'égout un mélange fort compliqué dans lequel dominent l'alun, l'argile et le charbon, élève en ce moment, près du débouché des collecteurs de la rive sud, une petite usine où elle se propose de traiter les eaux pour en extraire un engrais solide.

Mais l'opinion générale est favorable à l'utilisation agricole, pratiquée avec succès dans plusieurs villes anglaises. La ferme de Lodge-farm, de 80 hectares, reçoit depuis trois ou quatre ans de l'eau du collecteur principal du Nord, élevée par une pompe à vapeur de 25 chevaux, installée près du débouché de Barking. La principale culture est le raygrass d'Italie : il fournit 4, 5 et 6 coupes par an, et donne de 100 à 140 tonnes d'herbe verte par hectare. Les légumes réussissent aussi très-bien et sont de fort bonne qualité : le même terrain porte trois et quatre cultures en une année. Le terrain est léger et sablonneux, et absorbe toute l'eau; les quantités sont bien moindres qu'à Gennevilliers.

La ferme est aménagée avec art; le terrain dressé avec précision. L'exploitation est dirigée avec soin et intelligence par des hommes instruits et expérimentés; les comptes rendus accusent des bénéfices; et, malgré ce succès, l'entreprise ne reçoit pas de grands développements. Les cultivateurs voisins, qui ont sous les yeux ces récoltes luxuriantes, ne demandent pas d'eau d'égout. Ils craignent, dit-on, la dépense première pour préparer la terre et aussi la somme de soins et de main-d'œuvre

qu'exige ce genre de culture. La compagnie qui exploite Lodge-farm avait conçu un projet grandiose dont cette ferme expérimentale devait être seulement le début; elle voulait transporter toutes les eaux de la rive nord par un aqueduc jusqu'à la grande plage de sables de Maplin, qu'elle devait conquérir sur la mer et fertiliser. Sur tout le parcours elle aurait livré l'eau d'égout aux cultivateurs. Ces projets paraissent, quant à présent, oubliés.

Il est facile de comprendre pourquoi la solution radicale de l'utilisation agricole est si difficile à faire aboutir à Londres. La ville s'est imposé de grandes dépenses : elle a résolu d'une façon satisfaisante la question hygiénique et municipale, et elle ne fera plus de sacrifices pour ses eaux d'égout; elle les donne pour rien au débouché de ses collecteurs, mais ne fera rien au delà. Il faudrait donc que la solution agricole, malgré les grands travaux qu'elle comporte, les dépenses annuelles d'exploitation qu'elle exige, pût donner par elle-même des bénéfices, et ce point n'est pas suffisamment établi. A Paris, au contraire, le problème d'assainissement se pose encore, urgent et impérieux : il faut débarrasser la Seine, il faut supprimer le dépotoir de Bondy, il faut faire disparaître les inconvénients et les dépenses du système actuel de vidange. La ville doit encore s'imposer des sacrifices d'argent, et dépenser ce qu'il faudra pour réaliser l'irrigation à l'eau d'égout.

Pour ces motifs, il pourrait bien arriver que ce difficile problème dont l'étude était déjà avancée en Angleterre, avant qu'elle ne commençât en France, fût résolu à Paris avant de l'être à Londres.

Séance du 23 Juin 1871.

Présidence de M. VUILLEMIN.

Le procès-verbal de la séance du 9 juin est adopté.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. LOUSTAU, trésorier, donne communication de l'exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 16 décembre 1870,

de.	1014
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de.	19
	1033
A déduire, par suite de décès, pendant ce semestre.	6
Nombre total des Sociétaires au 23 juin 1871.	1027

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1871 se sont élevées à :

	fr. c.	fr. c.
1° Pour le service courant, cotisations, amendes, etc. .	6,391 38	8,391.38
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable. . .	2,000 »	
Il reste à recouvrer en exonération, droits d'admission, cotisations, amendes, etc.		42,997 »
Total de ce qui était dû à la Société.		51,388.38

Au 16 décembre 1870, le solde en caisse était de. . . .	2,275.13	10,666.51
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1871 se sont élevées à.	8,391.38	

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

Pour dépenses diverses, impressions, appointements, affranchissements, etc., etc.	6,225.80
Il reste en caisse à ce jour.	4,440.71

La Société possède en outre : 1° en portefeuille, sur son fonds social inaliénable, 290 *obligations de chemin de fer, ayant coûté*.	87,423.35
(Ce qui les ramène au prix moyen de 301.45.)	
2° Un terrain de 198m.35 sur lequel elle a déjà payé.	46,116.71
Total.	133,540.06

M. le Président annonce que la construction de l'hôtel de la Société a été reprise et qu'elle est en bonne voie d'exécution.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier; ces comptes sont approuvés.

M. le Président adresse au nom de la Société des remercîments à M. Loustau pour sa bonne gestion et son dévouement aux intérêts de la Société.

M. le Président fait remarquer qu'il est encore dû à la Société une somme de 42,997 francs; il engage les Sociétaires qui n'ont pas encore acquitté leur cotisation à vouloir bien faire le versement dans le plus bref délai, afin de régulariser leur position vis-à-vis la caisse de la Société.

M. le Président annonce que MM. Desprès (Gustave), Flavien et Gaupillat, membres de la Société, viennent d'être nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

M. le Président rappelle que, tous les ans, dans l'Assemblée générale de juin, la Société décerne une Médaille d'or au meilleur Mémoire remis dans le courant de l'année précédente. Les événements ont empêché la Société de procéder cette année à cette distribution. Le Comité a décidé que les Mémoires, remis pendant l'exercice de 1870, seraient réunis à ceux de l'année 1871 pour concourir avec ceux-ci.

M. le Président ajoute que rien ne s'oppose à décerner une ou deux médailles en 1871, suivant la valeur des Mémoires.

Avant de procéder à l'élection des Membres du Bureau et du Comité, M. le Président propose de conférer le titre de Président honoraire à M. Tresca. Il rappelle ses travaux pendant le siége de Paris, comme Président de la Commission du Génie civil. Les précautions qu'il a eu à prendre pour sauvegarder la plus grande partie du matériel construit par les soins de la Commission.

M. Flachat remercie M. Vuillemin des paroles qu'il vient de prononcer, il s'y associe complètement.

Il demande à appuyer la proposition qui permet à tous de remplir un devoir d'estime et de reconnaissance bien légitimement dus à M. Tresca.

La période d'événements douloureux que nous venons de traverser laisse parmi nous au moins cette satisfaction, que ni le zèle ni le dévouement n'ont manqué à ceux d'entre nous qui ont eu l'occasion de contribuer à la défense du pays.

En tête de nos travaux se placent ceux dont la direction principale a été confiée à

M. Tresca, comme Président de la Commission du Génie civil; la fabrication des canons et des projectiles a été l'œuvre de cette Commission, à laquelle notre Président a donné aussi le plus utile concours.

Vous savez tous, comme moi, à quel point cette tâche a été difficile et laborieuse; mais ce qui peut récompenser ses auteurs de leur courage et de leur persévérance, c'est que l'œuvre accomplie restera la première de celles que la guerre a produites, comme progrès des armes de guerre. La pièce de 7, qui est une hardie et habile conception d'un des plus experts de nos officiers d'artillerie, est aujourd'hui reconnue comme la première arme du monde; elle eût pu changer le sort de la guerre si elle avait pris, dès le début de la campagne, le poste qui lui appartient désormais.

Je ne veux vous rappeler, en ce moment, le dédain, presque le mépris, avec lesquels la plupart des officiers d'artillerie ont cherché à couvrir de ridicule les premiers efforts de la Commission du Génie civil: je ne vous les rappelle que pour vous prier de les oublier; ces sentiments ont duré jusqu'au jour où le résultat est enfin apparu, et de ce moment ils ont non-seulement cessé, mais ils ont fait place à des éloges à la sincérité desquels nous devons croire. J'ose affirmer que si cette Société contenait dans son sein les artilleurs qui ont jusqu'au dernier moment douté du succès des efforts de la Commission et de son Chef, et les constructeurs qui ont coopéré à la fabrication de ces armes, tous seraient comme nous unanimes à appuyer la proposition de notre Président.

J'ose affirmer encore que, désormais, l'opinion est faite sur l'indispensable concours que l'industrie peut et doit apporter à la fabrication des armes. Désormais est reconnue la nécessité d'affranchir cette industrie de toutes entraves, afin que le pays profite pour sa défense des immenses ressources qu'elle procure. L'intérêt est trop grand, le champ est trop vaste, le succès est trop certain, à la suite de cette expérience entreprise dans des conditions si difficiles, pour que les situations acquises dans les établissements du gouvernement par les ingénieurs militaires ne trouvent une ample compensation dans le développement considérable que l'affranchissement de l'industrie dont il s'agit peut créer.

Mais, Messieurs, ce n'est pas seulement pour les services incontestables et incontestés dus à ses efforts que M. Tresca a bien mérité du pays et de notre profession; il a ajouté à cela des actes qui méritent de vous être signalés, parce qu'ils révèlent un grand courage civil et une force de caractère qui, dans ces temps de luttes et de solidarité, est la plus précieuse des qualités.

Lorsque, à l'union que l'intérêt de la défense du pays avait créée entre tous, la Commune a fait succéder la guerre civile, M. Tresca a compris que c'était un devoir pour lui de soustraire à des hommes violents et égarés jusqu'au crime, les armes faites pour le plus noble des usages, et il a réussi.

Les moyens qu'il a employés, au grand péril de sa vie, ont cela de particulier, il faut le dire à son grand honneur, qu'ils n'ont compromis et n'ont exposé que lui: il eût pu compter sur le concours de tous ses collègues, il a préféré s'exposer seul; jusqu'au dernier jour il a lutté, et en s'éloignant au moment où sa présence eût été un acte de témérité sans objet, il a emporté le secret des dispositions qu'il avait prises et qui devaient empêcher tout moyen de les faire tomber dans des mains criminelles. Ce n'est pas tout, il est resté à portée de l'établissement dont il craignait la destruction, et aux derniers jours de la lutte il est rentré dans Paris avec l'armée régulière, l'a devancée au milieu des plus grands dangers, et il est arrivé le premier au Conservatoire, sauvé de l'incendie par la rapidité de l'attaque.

Il faut, Messieurs, qu'il reste parmi nous, dans notre Société, au nom du Génie civil et du pays tout entier, un témoignage du prix qu'on doit attacher aux efforts, aux soins de l'œuvre dont M. Tresca a été le principal auteur et, aussi aux mâles qualités par lesquelles l'honneur des armes construites par le Génie civil a été préservé.

Je ne vous demande pas l'unanimité de votre vote, je vois à la sympathie avec laquelle vous avez écouté ce simple exposé qu'elle est accordée à la proposition de votre Président.

M. Vée ajoute que, représentant en quelque sorte l'ancienne administration, il se croit obligé de dire quelques mots pour remercier M. Tresca de son dévouement à l'œuvre qu'il a entreprise et qu'il a menée à bonne fin.

M. le Président propose de voter par acclamation la nomination de M. Tresca, comme président honoraire.

Cette proposition est approuvée à l'unanimité.

Il est ensuite procédé aux élections des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1871.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

Bureau.

Président :

M. Yvon-Villarceau.

Vice-Présidents :

MM. Mayer (Ernest).
Muller (Émile).
Molinos (Léon).
Desgrange.

Secrétaires :

MM. Morandière (Jules).
Tresca (Alfred).
Marché (Ernest).
Leygue (Pierre).

Trésorier : Loustau (G.).

Comité.

MM. Vuillemin (Louis).
Benoît-Duportail.
Alcan (Michel).
Jordan (Samson).
Farcot (Joseph).
Salvetat.
De Dion (Henri).
Forquenot.
Tronquoy (Camille).
Brüll.

MM. Callon (Charles).
Delannoy (François-Albert).
Chobrzynski.
Lavalley.
Love (Georges).
Guillaume (Henri).
Guébhard (Alfred).
Richard (Jean-Louis).
Péligot (Henri).
Goschler (Charles).

NOUVELLE ROUTE DE L'INDE

A TRAVERS L'ARABIE TURQUE[1]

PROPOSÉE

PAR **GEORGE LATHAM**, INGÉNIEUR CIVIL,

Membre de la Société des Ingénieurs civils de Londres, auteur de l'*Histoire du Monastère de Stydd*, et *Les mauvais effets des Grèves*.

TRADUCTION D'ÉDOUARD SIMON.

M. A. Durand-Claye a transmis à notre Société une brochure anglaise où l'auteur, M. George Latham, propose une nouvelle route destinée à abréger notablement le voyage de Londres à Bombay et à substituer le plus possible la voie de terre à la voie maritime. Le chemin de fer projeté aurait, en outre, pour effet de développer le mouvement commercial de la Turquie d'Asie et de créer, pour l'Europe, de véritables greniers d'abondance. L'importance du sujet que le gouvernement anglais a pris en considération, depuis longues années, acquiert un nouvel intérêt pour nous en menaçant le canal de Suez d'une redoutable concurrence; la nature et le nombre des renseignements fournis par M. Latham nous ont donc paru dignes d'être étudiés.

De plus compétents discuteront sans doute les mérites et les inconvénients de l'œuvre projetée, et sauront discerner les points où le sentiment paternel de l'auteur peut lui faire illusion. Notre tâche sera remplie, si nous fournissons à la Société des documents utiles à l'édification de ses membres, tout en épargnant le temps de ceux de nos confrères qui n'auraient pas le loisir de lire le texte original.

L'auteur de ce mémoire se propose de mettre sous les yeux du lecteur le projet qu'il a conçu d'une nouvelle route de terre à travers les centres commerciaux de la Turquie d'Asie pour relier l'Angleterre avec l'Inde.

1. Calcutta, Thacker, Spink and, C°, 1870

Ayant consacré, pendant son séjour dans ce dernier pays, un grand nombre d'années à cette importante étude, l'auteur, en livrant ses recherches et ses explorations à l'examen du public, espère que la comparaison de ce projet avec les autres de même espèce ne sera pas sans intérêt, et fournira des renseignements complémentaires sur les pays à travers lesquels on propose de faire passer la route.

Le voyage d'exploration de l'auteur commença par la traversée de Bombay à Kurrachee, port du Punjaub et de la côte nord-ouest de l'Inde, puis se continua comme suit : de Kurrachee à Mascate, résidence de l'iman de l'Arabie occidentale et au pays des Wahabites; de là à l'île jadis fameuse d'Ormuz et à Bunder Abbas, à Bussadore, à Lingar, et le long de la côte sauvage de Luristan (que suivirent, dans l'antiquité, les cohortes d'Héphestion); l'auteur atteignit ensuite le port persan d'Aboushire (Bushire), puis la ville-jardin de Thiraz, patrie du poëte persan Hafiz, revint à Bushire et de là gagna l'embouchure du grand fleuve Chatt-el-Arab, puis Bassora et, à Kurnah, le confluent des quatre grands cours d'eau, le Karun, le Hewazi, le Tigre et l'Euphrate. La dénomination du dernier seulement nous a été transmise sans altération telle qu'elle se trouvait écrite dans l'Histoire Sainte : « Et un fleuve coula de l'Eden « pour arroser le jardin, puis se partagea en quatre branches. Le nom « de la première est Phison, c'est celle qui entoure tout le pays d'Havilah, « où se trouve de l'or; et le nom de la seconde rivière est Gihon, c'est « la même qui comprend tout le pays d'Ethiopie; et le nom de la troi« sième est Hiedekel (Chikédel), c'est celle qui va à l'est de l'Assyrie; et « la quatrième est l'Euphrate. » Genèse, 2e chapitre, versets 10, 11, 12, 14.

De Bassora (où l'écrivain fut soupçonné d'espionnage par le pacha turc, mais cependant remis en liberté) il s'achemina vers Bagdad, examinant la rive nord-est (qui fait partie du territoire persan), jusqu'à Dewayah sur le Tigre, la ville de Kutal-Amara munie d'une garnison turque et les anciennes ruines de Ctésiphon, au sud de Bagdad.

De Bagdad, comme centre d'opérations, la contrée environnante fut soigneusement étudiée, ainsi que le cours de l'Euphrate, les routes suivies par les pèlerins pour se rendre aux reliquaires de *Kerbala* et de *Meschehed-Ali*, et ces régions du désert occupées par les tribus nomades et sans loi des Arabes Shammar, au nord de l'Arabie, sur la frontière du grand désert syrien. Déterminer le meilleur tracé en vue de la construction d'un chemin de fer à travers ces pays est le problème que l'auteur voudrait essayer de résoudre, c'est-à-dire la découverte d'une route telle qu'une fois les difficultés physiques et morales surmontées, le tracé réunît tous les éléments de réussite commerciale.

Les centres commerçants que l'on propose de traverser seraient, l'auteur en est convaincu, des points préférables, pour une ligne ferrée, aux plaines incultes du désert, sans une seule ville, sans un seul village, où

par conséquent, on ne saurait obtenir aucun transport de marchandises ou de voyageurs.

C'est, d'ailleurs, à la suite de l'examen minutieux auquel il s'est livré pour juger du degré de praticabilité des différentes routes proposées antérieurement que l'écrivain considère comme un devoir de soutenir une opinion entièrement opposée à celles de ses prédécesseurs.

Le tracé dont il s'agit aujourd'hui rencontre l'approbation de toutes les communautés commerciales qui y seraient le plus directement intéressées et qui en bénéficieraient, tandis que les autres routes proposées (parmi lesquelles la plus connue est celle du général Chesney) paraîtra fort peu judicieuse, non-seulement au point de vue de l'ingénieur, mais encore par l'obligation d'une énorme et inutile dépense imposée au gouvernement turc pour construire une digue et d'autres travaux maritimes à *Seudiah*, tandis que dans le projet de l'auteur, le port d'Alexandrette (Iskenderoun) remplit le même but.

De semblables travaux à Seudiah ou près de Jebel Okrah, à l'embouchure de l'Oronte, endroit que le général Chesney appelle *Port Amalia*, compromettraient ou compliqueraient tout au moins l'établissement de la ligne que le gouvernement turc pourrait créer par la suite à travers son territoire asiatique, de Constantinople à Bassora, pour relier Smyrne et la ligne ferrée d'Aidin avec la route transversale.

Les objections qui peuvent être faites au projet du général Chesney, dans la partie comprise entre Seudiah et Alep, sont les suivantes :

La côte de Seudiah, ou Port Amalia, près le fleuve Oronte, ne convient nullement à l'établissement d'un port de refuge, parce que c'est une côte ouverte ou dénuée de rades profondes; de plus, l'embouchure du fleuve présente une formidable barre et des sables mouvants dus à la fois aux courants du golfe Iskenderoun et au reflux de la marée entre l'île de Cypre et le continent. Des jetées reliées à la terre ferme ou des travaux analogues aux digues de Portsmouth et de Cherbourg deviendraient inutiles avec le temps, attendu que de l'autre côté de Jebril Musa, au délà de Seudiah, la mer s'est retirée vers l'ouest abandonnant toute cette portion de la côte syrienne et laissant à sec dans la plaine les ports jadis magnifiques d'Antioche, de Séleucie et de Peeria, avec leurs magasins et leurs immenses môles. Une autre preuve à l'appui de notre opinion est qu'au souvenir des habitants actuels d'Alexandrette, la mer dans les hautes marées s'élevait d'environ un pied trois pouces au-dessus des niveaux relevés au même endroit par l'écrivain. En outre, l'Oronte n'est nullement navigable et ne convient pas, pour ce motif, au mouvement commercial d'un port construit à ou près son embouchure. Son cours est tortueux, rapide et torrentiel; il se précipite à sa sortie d'Antioche à travers les plaines de Seudiah, tourne autour du mont Cassius et vient enfin tomber dans la baie de Séleucie en formant une chute énorme. La distance d'Antioche à la mer, à vol d'oiseau, est d'environ douze milles;

les circuits du fleuve, parsemés de bancs de rochers et de barrages naturels, dépassent de beaucoup trente milles.

Maintenant il n'est point douteux que tout le commerce extérieur de la Syrie septentrionale, créé par les marchés d'Alep, de Bir, de Severek, d'Orfa, de Diarbekir, de Nézib et de Mossoul, ainsi que d'Arbèles, de Kirkook et de Bagdad, se fait aujourd'hui et s'est fait de temps immémorial par le port d'Alexandrette. Les marchands d'Alep conclurent, comme suit, dans la quatrième résolution de leur assemblée tenue à Alep en vue de cette question : « Il est toujours difficile et souvent impossible « de déplacer une ancienne ligne commerciale ou de déterminer les ha- « bitants d'un port tel qu'Alexandrette à le quitter pour aller s'établir « dans un site non éprouvé et pour y fonder une nouvelle ville et un port « tel que Seudiah, abandonnant d'anciennes relations qui de tout temps « ont été pour eux un objet de vénération. »

Une autre considération encore est qu'entre le port de Seudiah et Antioche, distants l'un de l'autre de douze milles et demi, le pays est montagneux et rude, traversé par l'une des rivières les plus rapides et les plus tortueuses de l'Orient ; et c'est dans ce pays que l'on a proposé d'établir dix-neuf milles et demi de voie ferrée, obligeant à jeter sur la rivière dix-sept ponts, qui entraîneraient à une dépense de 20 000 livres par mille, et tout cela simplement pour relier le port à la ville déchue et sans commerce d'Antioche. La nature accidentée du terrain est suffisamment indiquée par l'impérieuse nécessité de traverser dix-sept fois la même rivière; il est donc inutile de parler des tunnels qui pourraient être difficilement évités et des autres difficultés de construction.

Antioche ne possède plus qu'un petit commerce de soies ; les environs sont, en majeure partie, consacrés à la culture de la vigne, du mûrier et des arbres à fruits. La ville actuelle est mal bâtie et très-sale, les ruisseaux donnent naissance à des miasmes qui rendent le séjour presque impossible. Il n'est, au reste, pas probable que cette cité classée dans le monde ancien au troisième rang, lorsque la domination romaine s'exerçait en Orient, retrouve jamais une partie de son ancienne puissance.

L'importance d'Antioche ne pouvait tenir qu'à sa position stratégique : des chaînes de rochers escarpés, des vallées abruptes, des cours d'eau non navigables servaient bien les projets d'Hamath le Grand et des conquérants du pays de Riblatha, que remplacèrent longtemps après les Sarazins et les Croisés, les derniers laissant derrière eux leurs monuments habituels, la porte de Saint-Paul et les ruines de l'église Saint-Jean.

Les habitants de la moderne Antioche sont pauvres et dénués de toute énergie. Ce n'est pas, on l'a dit, un centre de commerce, et la ville ne peut le devenir, en raison de l'isolement où elle se trouve, séparée de la mer par une contrée montagneuse. Toutes ces considérations justifient

mal la dépense proposée de 400 000 livres dans le but de relier Antioche à Seudiah.

D'après ce qui précède au sujet du port projeté de Seudiah, de la nature du pays entre la côte et l'intérieur, et d'Antioche comme point d'arrivée, il est clair qu'il fallait chercher une autre route qui pût assurer des avantages commerciaux suffisants pour intéresser l'opinion au nouveau chemin de fer.

C'est dans ce but que l'auteur porta son attention sur Alep, siége du gouvernement du même nom, résidence de nombreux marchands européens et des principaux marchands indigènes qui tiennent entre leurs mains le commerce de la Syrie et de l'Asie mineure, Alexandrette étant en outre, le port d'Alep. Si l'on prenait le port de Seudiah, avec la ville d'Alep comme station la plus importante de la ligne, il en résulterait un parcours plus long de quinze milles que si la voie commençait, ainsi que le propose l'écrivain, au port déjà établi d'Alexandrette. Avec notre projet, il y aurait sans doute à gravir la rampe du Beilan, mais cela ne constitue pas un obstacle formidable et avec des machines comme celles de M. Fell qui sont employées au mont Cenis, les six milles du passage montagneux pourraient être construits moyennant 15 000 livres (375 000 fr.) par mille, et le reste certainement au prix de 5 000 livres (125 000 fr.). Ceci, en comparaison des dix-neuf milles et demi entre Seudiah et Antioche, à raison de 20 000 livres par mille et en tenant compte d'un raccourcissement de quinze milles, constituerait donc un énorme avantage en faveur de la route de l'auteur.

L'autre projet avec départ de Seudiah ne pourrait établir une communication directe par chemin de fer avec Constantinople et l'Europe, et, pour ce motif, ne conviendrait pas à l'exécution ultérieure d'une route continentale. Au contraire, la voie proposée par l'écrivain pourrait se prolonger à travers l'Anatolie, jusqu'à Smyrne, décrivant une courbe autour du golfe Iskenderoun et gagnant *viâ* Adana le chemin de fer construit à Aidin.

A ce mémoire se trouve jointe, une communication adressée à l'écrivain par Son Excellence Ismet Pacha, gouverneur du pachalic d'Alep, qui exprime sa manière de voir au sujet de la construction d'une voie ferrée et témoigne en faveur du tracé *viâ* Alexandrette de préférence au tracé *viâ* Seudiah.

Un rapport émanant d'un membre du conseil provincial de Mossoul se trouve également annexé; mais comme ces pièces se rapportent plus spécialement aux avantages de la route proposée à partir d'Alep à travers les centres commerciaux de l'Arabie turque, mis en regard des inconvénients du tracé Chesney à travers le désert et le long des rives de l'Euphrate, tracé reconnu impraticable par tous ceux qui ont parcouru ces régions, il convient de différer la comparaison entre les deux routes depuis Alep, et dans la direction du sud. A l'époque où le projet du gé-

néral Chesney fit son apparition, les ingénieurs ne possédaient point encore l'expérience des grands travaux de chemins de fer, ils n'avaient pas eu notamment à surmonter des difficultés telles que la percée d'une chaîne de montagnes; et si la chose n'était point praticable, il ne leur restait pas la possibilité de passer par-dessus, ainsi que cela se pratique au mont Cenis, avec le système si parfait de M. Fell.

Alexandrette possède la baie la plus favorable et le meilleur fond d'ancrage de la côte de Syrie; le rivage est sûr et peut être abordé en toute saison.

Il ne reste rien qui fixe exactement les limites anciennes de la principale ville commerciale d'Alexandre; les marais du voisinage ne laissent voir que les ruines des constructions de Myrandius, tandis qu'entre l'ancienne ville et les collines voisines, on retrouve les vestiges d'une chaussée qui aurait été établie par Godefroid de Bouillon.

Le port était, depuis de longues années, le siége du commerce du Levant, mais ce mouvement lucratif fut accidentellement détruit par les droits prohibitifs émanés du gouvernement turc.

Il y a vingt-cinq ans, les importations s'élevaient à 150 000 livres sterling et les exportations à 15 000 livres environ.

Alexandrette aujourd'hui offre l'avantage de la concentration commerciale pour le nord de la Syrie, la Mésopotamie et la Perse occidentale en exceptant le transit de Latakieh. De plus, ce port ne nécessite point de constructions maritimes qui entraîneraient une large dépense pour le gouvernement turc ou pour la compagnie chargée de l'établissement de la route nouvelle. Il en résulte une notable différence avec le projet par Seudiah qui, de ce chef, exigerait du gouvernement local une mise de fonds de 350 000 livres sterling pour commencer les travaux du port. Les difficultés naturelles et l'imprévu inévitable en pareil cas porteraient vraisemblablement la dépense totale à 500 000 livres sterling.

L'écrivain, d'après ses propres observations, doute fort qu'il faille engager le gouvernement turc à engloutir cette somme sur les côtes rocheuses de Seudiah, où ne se voient ni population, ni villes, ni culture, ni commerce, ni même de routes, à l'exception de quelques sentiers dirigés vers l'intérieur du pays. Au contraire, en allongeant la jetée en charpente qui existe à Alexandrette, on peut répondre à toutes les exigences de la navigation et assurer le débarquement des passagers et des marchandises. La seule objection qui pourrait être soulevée consiste dans le voisinage d'un grand marais encombré de roseaux qui, à certaines époques développe une sorte de *malaria;* mais l'écrivain a reçu, de la part des habitants et des autorités médicales de l'endroit l'assurance que cette *malaria*, bien que nuisible par moments, ne présente pas les caractères redoutables qui lui sont généralement attribués.

Il y a quelques années, lorsque de larges drainages établis par Sig. Martenelli, en 1833 et 1834, furent achevés depuis le marais jusqu'à la

mer, la fièvre disparut et la ville fut rendue salubre; mais les plus pauvres habitants d'Alexandrette, privés d'une partie de leur gagne-pain par la perte des joncs qui croissaient antérieurement dans le marais, comblèrent graduellement les canaux si utiles à l'hygiène de la localité, pour retrouver leur récolte.

D'ailleurs, le port d'Alexandrette subsisterait dans l'état actuel avec ses bureaux de douane, ses magasins, ses quais, etc.. mais la nouvelle ville, à laquelle donnerait nécessairement naissance la création d'un chemin de fer aussi important que celui dont il s'agit, trouverait un emplacement favorable sur une éminence située à un mille de la ville actuelle. Entre la ville et le plateau admirablement boisé de la chaîne Beilan, pourraient s'élever sur des terrasses naturelles les maisons du quartier marchand; la vue s'étendrait de là sur la splendide baie d'Iskenderoun, sur cette magnifique perspective circulaire du golfe et sur les montagnes couronnées de neige du bas Taurus.

Il est à remarquer également que durant le séjour de l'écrivain à Seudiah et à Séleucie, pendant qu'il étudiait la route antérieurement proposée, il survint un de ces coups de vent périodiques qui règnent avec tant de force sur la côte ouverte de Syrie et qui aurait fait courir de sérieux dangers à des vaisseaux mis à l'ancre à Seudiah ou s'approchant du rivage. Le même jour, et pendant la durée du même coup de vent, toute communication devint impossible entre les navires et la côte, dans le port plus au sud de Beyrouth; au nord, à l'est et à l'ouest, à Mercena, l'écrivain trouva des embarcations du pays échouées le long du rivage, tandis que, à l'intérieur du golfe d'Iskenderoun, pas un navire ou une embarcation indigène n'avait abandonné ses amarres; des communications existaient comme de coutume entre la rive et les vaisseaux au moyen de petits canots.

Ce fait montre bien les avantages d'Alexandrette sur les rades ouvertes et plus exposées de la côte, pendant les bourrasques qui, dans le Levant, se succèdent fréquemment, toute l'année. On doit insister sur les déceptions et les embarras qui résulteraient pour le gouvernemen turc de l'établissement d'un port à Seudiah et de la construction d'une ligne ferrée à Antioche; les moyens proposés tendraient à empêcher l'extension ultérieure de l'empire ottoman et à créer un monopole au profit de quelques intérêts privés à l'exclusion des intérêts autrement considérables de l'Angleterre et de la Turquie, qui se trouvent mis en jeu dans cette question, puisqu'il s'agit de créer une nouvelle voie de communication pour les possessions de Sa Majesté (britannique) dans les Indes.

Il ressortirait, en outre, d'une enquête poursuivie par l'écrivain, que le choix de Seudiah, fixé dès 1834, fut moins la conséquence d'une situation jugée propice à la création d'un port ou à l'établissement d'un chemin de fer, que le résultat de manœuvres locales et intéressées de la

part de quelques habitants d'Antioche, à l'époque de la première expédition du général Chesney.

Ici l'écrivain ne peut s'empêcher de citer les paroles pressantes et formelles de S. M. Guillaume IV au général Chesney : « Rappelez-vous, « Monsieur, que la prospérité de l'Angleterre dépend surtout de son « commerce, que votre entreprise est toute pacifique et pourvue des « moyens de créer des relations commerciales. »

Si bien que trente-sept années après l'échec de l'expédition du général Chesney, libéralement approvisionnée d'hommes, d'argent et de matériel par le roi, l'écrivain s'efforça de trouver la route des Indes la plus désirable et la plus praticable, en menant son tracé par les points qui, selon les paroles de sa Majesté, devaient assurer la prospérité et le commerce de l'Angleterre.

L'auteur a exécuté son projet seul, sans aide, avec ses propres ressources et au prix d'années d'une constante étude.

Le principal but du général Chesney, en abordant à Seudiah, était de profiter du cours de l'Oronte pour le transport des parties les plus pesantes, des petits steamers destinés à l'expédition sur l'Euphrate au départ de Bir et dans la direction du sud.

Le dessein d'utiliser la rivière ne put, toutefois, s'accomplir, et il fallut se procurer des chariots et autres véhicules [1]; le matériel fût transporté à Birjik.

Avant que la première expédition parvînt à Seudiah, la terre était tout-à-fait sans valeur et ne laissait voir que des fourrés sauvages coupés de quelques petits plants de mûriers. Mais sans qu'une étude complète eût été faite, soit du pays, soit du fleuve, entre la côte et Antioche, les habitants de cette ville furent amenés à croire que Seudiah serait le port (*terminus*) de la ligne projetée, et ils commencèrent en conséquence à poursuivre avec ardeur l'acquisition de ces terrains sans valeur.

D'autre part, Alexandrette ne possédant pas de rivière qui vînt se jeter dans la baie et le passage du Beilan étant impraticable pour les chariots, cette place ne devait pas servir les vues du général Chesney, dont l'objectif ne semble avoir été ni la prise en considération du meilleur port pour sauvegarder les intérêts du commerce indigène et du gouvernement turc, ni le choix du terminus d'un grand chemin de fer continental, mais simplement le parti à tirer du cours de l'Oronte; et le fait d'aller là dans un but et de choisir cet emplacement pour un autre motif a été le moyen de faire naître les intérêts insignifiants qui enveloppent l'ancien projet, et qui ont empêché une étude plus approfondie et plus précise de la grande question de rivalité entre Alexandrette et Seudiah.

1. Il n'existe aucune espèce de transports sur essieu en Arabie. (*Note de l'Auteur.*)

C'était dans le but de déterminer la valeur réelle de ces ports comparés entre eux que l'auteur chercha, sans se préoccuper des voyageurs qui l'avaient précédé et sans aucun auxiliaire, le meilleur emplacement comme *terminus* de sa route sur la Méditerranée.

A l'époque où Seudiah fut choisi comme port d'embarquement du chemin de fer, aucun des explorateurs dont il vient d'être question ne pouvait savoir, on l'imagine, de quelles difficultés triompherait par la suite l'art du constructeur de chemins de fer. S'élever au-dessus de chaînes de montagnes telles que le Beilan, serait peu de chose en comparaison des travaux déjà exécutés sur les lignes de l'Inde, notamment dans la Présidence de Bombay à travers les défilés de Bhore et de Thull.

Depuis 1836, les efforts tentés pour faire de Seudiah un entrepôt ont été infructueux. Une manufacture anglaise y fut élevée au prix de grands sacrifices; elle est aujourd'hui abandonnée et tombe en ruines, son précieux outillage est couvert de rouille et n'a plus de valeur.

La belle résidence du consulat anglais est également abandonnée et retourne à l'état originel de bois fourré et de jungle, tandis que les murs dégradés et l'aspect désolé du « *château Ruaicy* » témoignent seulement de la folie du fondateur.

Ayant donné un aperçu de ce qu'il considère comme une instigation insensée et impraticable, l'écrivain va maintenant mettre sous les yeux du lecteur le plan que, dans sa conviction et après mûre réflexion, il juge le plus profitable aux gouvernements anglais et ottoman, et au bien-être des habitants de l'Arabie turque, en leur assurant, dans un temps beaucoup plus rapproché, les bénéfices d'un transit considérable et en les débarrassant du monopole et des exactions d'individualités privées, sans parler de l'économie des sommes énormes demandées par les promoteurs des projets antérieurs.

Le tracé de l'écrivain est celui-ci : la ligne ferrée partirait d'un terrain élevé, peu éloigné de la ville moderne d'Alexandrette, au sud-est, avec embranchement le long de la chaussée de la jetée actuelle, pour le service des navires. A une faible distance du terminus, la voie s'élèverait doucement en suivant les pentes occidentales de la chaîne Beilan, sans aucune difficulté extraordinaire de construction. En atteignant la ville d'Ackma-Tagh, appelée aujourd'hui la ville de Beilan, à neuf milles d'Alexandrette, et près de laquelle se trouvent les restes d'un ancien aqueduc et d'une route romaine, il faudrait probablement creuser un court tunnel, pour adoucir la rampe qui gagne le sommet de la hauteur située à l'est de la ville; on ne rencontrerait ensuite aucune difficulté.

L'élévation ici ne serait que d'environ 1000 pieds, tandis que dans la

Présidence de Bombay, les Bhore et Thull-Ghauts s'élevent au-dessus de 2 000 pieds.

Au delà de ce passage, la ligne devient d'une exécution facile, car elle traverse une contrée amplement pourvue par la nature de tous les matériaux propres à la construction économique d'un chemin de fer.

Le caractère géologique du passage du Beilan est également favorable à l'établissement de la voie, tout le versant oriental étant formé d'un banc de schiste mélangé d'argile compacte et recouvert dans les parties supérieures d'un grès blanc et tendre de formation tertiaire. Tout le versant occidental est formé de schiste tendre et micacé, très-brisé et mélangé de feldspath, le clivage général courant du nord au sud, suivant un angle de 40 à 50 degrés. Les sommets supérieurs sont raboteux et coniques, et leurs versants entrecoupés de gorges profondes et escarpées.

Ainsi les principales difficultés dans le projet disparaîtraient avec six milles de construction en montagne; et sur une longueur totale de 680 milles de chemin de fer jusqu'à Bagdad, il n'y aurait pas d'autre travail important.

La ligne quittant la base orientale du Beilan passerait par Khan-Kharamout, et tournant les ondulations des collines à l'est, gagnerait la plaine de Umk au nord du lac du même nom et traverserait la rivière Karashec; mais cet endroit étant très-marécageux pendant l'automne, la voie s'infléchirait vers le sud, se rapprochant d'Antioche au nord-est de Jesser-Hadid. De là, le tracé est légèrement dévié et passe *viâ* Sansareen à travers la plaine Dana, près le couvent du mont Siméon et le passage de Terib, gagne Alep après un parcours direct de soixante-quinze milles, ne comprenant, on l'a dit, que six milles de travaux coûteux, mais cependant faciles à accomplir à travers les monts Beilan.

L'immense avantage de ce projet sur l'autre tracé de quatre-vingt-dix milles de longueur, avec dix-neuf milles et demi d'un établissement difficile entre Seudiah et Antioche, dix-sept ponts sur la rivière profonde et rapide de l'Oronte, outre plusieurs tunnels et autres travaux d'art d'une exécution lente, entraînant une dépense de plus de 20 000 livres par mille sur ce parcours et nécessitant une dépense de 41 000 livres pour des constructions à Seudiah et pour gagner Antioche, cet avantage doit apparaître avec évidence à l'observateur le plus indifférent.

Ayant atteint Alep (l'ancien Alep), à vingt milles au sud de la cité actuelle, qui fut probablement l'Aramzoobah de l'Écriture (psaume 40) et arrivant à Alep, la ville principale et la plus remarquable de Syrie, dont le district ou pachalic formait une des cinq subdivisions de la Syrie, depuis l'époque d'Abdul Tedah jusqu'aux jours de Volnay, nous sommes au point de notre tracé le plus important par sa position et par ses avantages naturels.

Les plaines fertiles des environs, parsemées d'un grand nombre de villes et de villages, donneraient nécessairement un grand développe-

ment au trafic local du chemin de fer. La cité elle-même est propre et bien tracée, ses bazars sont surmontés de dômes; ses rues régulières, ses chemins, ses églises et ses mosquées témoignent en sa faveur, bien que les amas de décombres encore entassés hors des murs rappellent l'épouvantable tremblement de terre qui détruisit presque cette ville en 1822.

L'auteur demande ici la permission d'insérer les décisions d'une réunion publique des principaux marchands d'Alep, au sujet de son projet, ainsi qu'une communication de S. E. Ismet Pacha, où celui-ci adopte les vues de l'écrivain comme servant le mieux les intérêts commerciaux de tout le pays.

« Dans les réunions des soussignés, marchands à Alep, tenues les 11 et « 13 avril 1863, ont été adoptées à l'unanimité les résolutions suivantes « concernant la construction d'un chemin de fer depuis la côte d'Alep « et l'établissement d'une nouvelle route continentale de l'Inde passant « par les centres commerciaux de l'Arabie et de la Mésopotamie, « *viâ* Alexandrette, la plaine d'Antioche, Alep, Birjik, Mardin, Nisibis, « Mossoul, Kirkook et Bagdad, route proposée par George Latham, « ingénieur civil.

1re résolution. — « Cette réunion des principaux marchands euro- « péens et indigènes d'Alep envisage avec une satisfaction unanime la « perspective d'une prise en considération prochaine d'un chemin de « fer allant des côtes à la ville d'Alep.

2e résolution. — « A l'égard du port qui doit être préféré pour les « opérations commerciales et qui doit servir de *terminus* à la ligne pro- « jetée, en dehors des questions de construction ou des difficultés qui « peuvent exister, Alexandrette présente incontestablement sur Seudiah « de grands avantages :

« 1° Parce que la première de ces localités possède déjà un port sûr « et suffisant pour les besoins de la navigation;

« 2° Les navigateurs savent qu'il y a là un refuge abordable par tous « les temps et un port d'ancienne date;

« 3° L'adoption d'Alexandrette n'exige point une dépense énorme « pour effectuer des travaux de nature à abriter les vaisseaux;

« 4° Il est toujours difficile et souvent impossible de déplacer une « ancienne ligne commerciale, ou de déterminer les habitants d'un port « tel qu'Alexandrette à le quitter pour aller s'établir dans un site non « éprouvé et pour y fonder une nouvelle ville et un port tel que Seudiah, « abandonnant d'anciennes relations qui de tout temps ont été pour eux « un objet de vénération;

« 5° L'insalubrité du climat, au point de vue de la résidence des Euro- « péens ou des indigènes, est une question qui ne doit pas avoir, dans ce

« cas, d'influence sérieuse. La cause de cette insalubrité étant bien connue,
« on pourra ultérieurement s'en débarrasser au prix d'une faible
« dépense. »

Résolutions adoptées par les marchands indigènes :

« 1° Eu égard aux résultats futurs de l'entreprise proposée, il n'est
« point douteux qu'en dehors du grand trafic actuel applicable surtout
« aux importations par Alexandrette, le commerce d'exportation, entravé
« aujourd'hui par des empêchements de toute sorte et notamment par
« les prix de transport d'Alep à la côte, donnerait un mouvement
« vingt fois plus considérable pour le moins.

« 2° Le commerce des céréales de toute l'Arabie turque et de la Méso-
« potamie, le commerce des noix de galle, de la laine, etc., qui forment
« autant d'articles d'exportation sans débouchés jusqu'ici, recevrait du
« fait d'un chemin de fer à travers les centres commerciaux du pays une
« extension qui emploierait et au delà la ligne projetée.

« 3° C'est avec une grande satisfaction que les soussignés envisa-
« gent les dispositions libérales de la sublime Porte prête à faire
« toutes les concessions nécessaires à la construction d'une voie ferrée
« de nature à développer le commerce et en général toutes les tran-
« sactions de l'Arabie turque et de la Mésopotamie, au profit de la pros-
« périté de la population entière.

Dix-sept Européens, commerçants notables d'Alep, ont approuvé et signé ces résolutions. — *Le consul de S. M. à Alep.*

(*Signé*) J. H. SKENE, H. M. C.

Ont signé également cent quarante-deux négociants indigènes, qui forment à peu près la totalité des marchands indigènes d'Alep.

(*Signé*) J. H. SKENE, H. M. C.

Ci-après se trouve la traduction d'une lettre de S. E. le gouverneur du pachalic d'Alep à Georges Latham, ingénieur civil, etc.

« Monsieur, ma conviction personnelle, basée sur l'observation et
« l'expérience, depuis mon entrée au service du gouvernement ottoman,
« est que le gouvernement anglais désire ardemment consolider la
« sincère et fidèle amitié existant entre l'Angleterre et la Turquie, et
« développer la prospérité des Turcs en leur procurant les bénéfices
« de la civilisation, en facilitant l'accroissement de leur commerce, en
« encourageant leurs entreprises. L'un des moyens d'atteindre à ce but,
« à mon avis, sera l'établissement du chemin de fer projeté d'Alexan-
« drette ou de Seudiah à Bagdad. Si cette entreprise est poursuivie et

« le projet exécuté, le chemin de fer réunira les pays de l'Inde,
« de la Syrie, de l'Arabie et de la Mésopotamie (Irak) comme en une
« seule province. Les avantages qui en résulteront pour les populations
« de l'empire ottoman seront immenses sans doute, mais les profits qui
« en découleront pour la compagnie chargée de la construction et pour
« ses actionnaires, ne seront pas moins grands. Grâce à cette voie, les
« cargaisons de douze navires pourront être, en une journée, transportées
« dans l'intérieur et répondre aux besoins immédiats d'une portion du
« pays en faisant appel à la fertilité d'une autre partie, favoriser l'opu-
« lence générale, accroître les richesses de la contrée, aider au dévelop-
« pement du commerce, produire en un mot de grands bénéfices pour
« la population; c'est un fait dont l'évidence n'exige pas de commen-
« taires. Le port actuel de Seudiah est, indubitablement, beaucoup trop
« petit pour contenir le nombre de vaisseaux qui afflueraient en vue
« d'approvisionner le chemin de fer, et l'élargissement ou la reconstruc-
« tion de ce port demanderait une grande dépense.

« Le projet de choisir Seudiah pour *terminus* de la ligne n'est donc
« pas considéré comme le plus avantageux, et n'est pas très-populaire.
« Le port d'Alexandrette, au contraire, est à la fois large et sûr; l'objec-
« tion tirée de l'insalubrité de son climat n'est point redoutable, et s'il
« n'y en a pas de plus considérable, elle disparaîtra naturellement lors
« de la construction du chemin de fer. Quand des magasins et des entre-
« pôts s'élèveront sur le sol aujourd'hui couvert d'eaux stagnantes,
« que les marais auront été drainés pour faire place aux maisons et aux
« jardins et qu'une nouvelle ville se sera élevée, le climat changera.

« Alexandrette devenant le port du chemin de fer facilitera l'extension
« ultérieure d'embranchements dirigés sur les villes d'Adana, de Konia
« et dans toute l'Anatolie. Ce port est bien préférable sous le rapport de
« la situation géographique, au point de vue des dépenses de construc-
« tion et des avantages qu'il présente aux actionnaires de même qu'aux
« populations de la Turquie.

« Dans le but d'assurer de meilleurs résultats à mon pays bien-aimé
« et à mes compatriotes, ainsi qu'à la nation anglaise que j'aime pour
« l'amitié qu'elle porte à mon pays, j'avais, avant d'écrire la présente,
« communiqué ces vues à M. Skene, consul anglais en cette ville, le
« priant de les faire connaître à la direction de l'entreprise dans l'espoir
« que les deux ports pourraient être de nouveau l'objet d'un examen
« comparé; j'ai attendu l'arrivée d'une personne compétente telle que
« vous, qui fût en état d'examiner les mérites de la proposition, après
« avoir fait l'étude des places en question. Je remercie Dieu de
« ce que, grâce à votre arrivée, cette attente n'ait point été déçue.
« Je suis bien aise que les conditions les plus profitables au succès
« de l'entreprise aient pu se trouver ainsi assurées, et que vous ayez
« eu l'occasion, en même temps, de vous convaincre du désir, dès

« vœux ardents que forme la population pour la prompte mise en œuvre
« du projet, du sentiment qu'elle a des immenses bénéfices qui en résul-
« teraient pour elle-même. J'espère que vous trouverez justes les observa-
« tions précédentes, et je suis tout à fait persuadé, que lorsque cette entre-
« prise sera, avec la volonté de Dieu, heureusement terminée, elle ne
« manquera pas de devenir l'une des plus importantes et des plus con-
« sidérables en Europe. Comme je vous l'ai exposé, je me compte parmi
« les plus sincères admirateurs de l'Angleterre et des Anglais, et j'espère
« que vous prendrez, en favorable considération les vues exprimées ici,
« vues dont j'ai eu le plaisir de vous entretenir lorsque nous nous sommes
« rencontrés récemment, et que je vous développe aujourd'hui plus com-
« plétement.

« J'ai, etc. »

Signé : Mahomet Ismet.

« Gouverneur du pachalic d'Alep. »

A partir d'Alep, la ligne traverserait la plaine occidentale, au nord-est, laissant Killis et Aintab au nord-ouest, passerait plusieurs villages et atteindrait Bir ou Birjek, à environ cent-quatre-vingt-dix milles par chemin de fer du port d'Alexandrette, et à cent mille de la ville d'Alep. En cet endroit, un pont serait jeté sur l'Euphrate.

Cette ville, Alep [1], serait le second centre commercial important sur la route proposée par l'écrivain, car le trafic qui se fait par le fleuve avec les villes placées sur les bords de l'Euphrate, au nord et au sud, est très-actif. Elle est, en outre, située snr la principale route des caravanes qui traversent la Mésopotamie pour se rendre au port d'Alexandrette et à la ville d'Alep. Le pays, à l'orient, vers Orfah, est mamelonné et pierreux avec quelques rares villes ou villages, entre autres Charmalik; la ligne devrait passer au sud d'Orfah. Au nord se succèdent des collines calcaires que traverse la voie romaine conduisant à Severek et à Diarbékir, la ville d'Alexandre. Orfah est à l'entrée du grand désert des Arabes Aneysa et se trouve distant de Bir d'environ cinquante milles, par conséquent de deux cent quarante milles d'Alexandrette; c'est une place de commerce importante. Orfah ou Urfah est l'ancienne Ur des Chaldéens, le lieu de naissance du patriarche Abraham. — Voir la Genèse, chap. II, versets 28 et 31.

D'Orfah vers l'est, traversant les petits affluents de l'Euphrate, la ligne suivrait la base des hauteurs, sur lesquelles est assise la ville de Mardin, à cent dix milles d'Orfah et à trois cent cinquante milles du port. Cet endroit serait aussi la station principale pour le commerce de Diarbékir et les districts qui l'avoisinent. De Mardin, en traversant la rivière Dara

1. Évidemment Alep est écrit par erreur et, ainsi qu'on le verra par la suite, il s'agit de Bir, ancienne Birtha. (*Note du traducteur.*)

pour gagner la ville de Nisibis ou Nisibin, sur la rivière Didejaka, la distance est courte, mais la situation de la dernière ville sur la route des caravanes par le désert est une cause de grand trafic. Nisibis est à vingt-cinq milles de la station que l'on se propose d'établir à Mardin et à trois cent soixante-quinze milles du port. On voit en cette place les restes d'une ancienne église dédiée à Saint-Jean.

De Nisibis pour atteindre Mossoul, centre le plus important de tout le parcours, deux routes se présentent : l'une au nord, à travers la partie la plus abritée du pays, *viâ* Daleb sur le Tigre ; l'autre suivant la ligne directe des caravanes par Bomelliat, passant devant Tellajar au nord-ouest, et pénétrant vers Mossoul au nord, puis atteignant la rive droite du Tigre, à cent-vingt milles de Nisibis et à quatre cent quatre-vingt-quinze milles d'Alexandrette.

Mossoul, ou *Asshur*, sur le Tigre, est une ville entourée de murs ; elle renferme environ 35 000 habitants, notamment des Turcs. C'est la résidence d'un pacha et d'un conseil. Les principaux marchands sont des juifs et des chrétiens en relation avec les gens du Kurdistan qui habitent tout le pays au nord de Diarbékir ; en outre des caravanes interminables arrivent du sud, depuis Bagdad. Le commerce d'exportation de Mossoul comprend tous les articles d'échange communs à l'Orient et trop nombreux pour être mentionnés ici. Pendant la période d'accroissement des importations faites exclusivement par le port d'Alexandrette, le pacha de Mossoul avait monopolisé sur tous les objets des impôts excessifs, mais ces exactions ont cessé.

La construction d'un pont sur le Tigre ne présente pas de grandes difficultés en cet endroit : les rives sont élevées et le lit du fleuve se compose de gravier fangeux et compact.

La situation de Mossoul sur les bords du Tigre est des plus importantes et par sa position politique convient à une station principale; le Tigre, en effet, est la seule rivière navigable pour les transports dirigés vers le nord à deux cents milles environ, et vers le sud jusqu'à Bagdad et Bassora ; les marchandises sont placées sur des radeaux, à la descente, et le transit de retour se fait par caravanes.

Il ne peut y avoir doute : une entreprise comme celle qui est proposée ici, nous vaudrait de grands profits commerciaux. Le commerce d'importation et d'exportation offre déjà un encouragement suffisant pour commencer le chemin de fer à partir de Mossoul. L'ensemble des transactions s'est élevé à 762 755 livres, en 1860; à 1 313 865 livres en 1861 ; à 934 327 livres, en 1862 ; les droits de douane à Alep et à Alexandrette étant de 5 000 000 piastres par année.

Le gouvernement turc pourrait consacrer en partie ses revenus locaux à la garantie qu'il accorderait à la Compagnie, revenus dont l'accroissement est dû, dans cette partie de l'Asie-Mineure, au gouvernement de S. Ex. Effendi.

En ce qui concerne les chiffres du commerce d'Alep et d'Alexandrette, la différence considérable en faveur de 1861 sur 1860 doit être attribuée, en partie, aux désastreux événements de Damas qui bouleversèrent toutes les transactions de la Syrie méridionale et ruinèrent momentanément Damas et plusieurs autres villes. Ces désastres, toutefois, semblent avoir eu une heureuse influence sur le commerce d'Alep, qui, pour un temps, devint le seul canal de l'importation et de l'exportation dans toute la Syrie. Il est certain que si ces désastres n'avaient pas été aussi prolongés, le mouvement commercial se serait développé au lieu de se restreindre. C'est la cause unique de l'infériorité du chiffre de 1862 par rapport à 1861.

La construction du chemin de fer proposé par l'auteur augmentera au moins de vingt fois le commerce actuel, et cette opinion ne prévaut pas seulement chez les marchands européens des différentes villes de la Turquie d'Asie, mais chez nos consuls et parmi tous les négociants indigènes aussi bien que dans les sphères gouvernementales des divers pachalics.

Le commerce d'exportation, s'appliquant surtout aux grains, aurait un effet aussi heureux que considérable sur tous les marchés d'Europe; on sait que les parties cultivées de l'Arabie turque sont plus que suffisantes pour répondre aux demandes; mais, en raison des grandes difficultés du transport, il y a généralement chaque année un large excédant de grains qui s'éleva en 1862 à environ soixante mille *kantars* équivalant à quinze mille tonnes.

Un membre du conseil du pacha, faisant autorité à Mossoul, dit à ce propos « que, pendant les bonnes années, la quantité de céréales, blé et « orge, est telle, que les cultivateurs, ne trouvant pas d'acheteurs, lais- « sent leurs récoltes pourrir sans les couper, ou, s'ils font la moisson, « les voient détruites dans les greniers par les insectes. »

Il convient d'insérer à cet endroit du mémoire l'opinion d'un membre du conseil provincial de Mossoul, envisageant les avantages de notre route, comparée aux autres voies par la vallée de l'Euphrate et le long de la rive de l'Euphrate.

Lettre adressée à George Latham, ingénieur civil, par Kawajee Hamjee Binny, M. P. C. :

« Mossoul.

« Monsieur, — il ne pourrait être que très-fâcheux à tous les points de « vue de construire un chemin de fer de Seudiah à Alep, *viâ* Jabir-Castle « et de là jusqu'à Bagdad. En premier lieu, l'établissement de la ligne « profiterait peu à la Compagnie par suite du manque de trafic local ou « parce que le commerce de ces parages n'a point de relations établies « avec les marchés d'Europe; la contrée que traverserait la route est « dépourvue de villes et de villages de quelque importance. En second

« lieu, un chemin de fer construit dans la vallée de l'Euphrate serait « exposé à tout moment à ne pas fonctionner pour divers motifs, mais « surtout par suite de la présence des Arabes Bédouins, qui errent « constamment sur les deux rives du Tigre et de l'Euphrate, et parmi « lesquels deux tribus, les Arabes Aneyza et les Arabes Shammar, sont « animées l'une contre l'autre de la plus grande animosité. Si ces tribus « ne faisaient pas preuve de mauvais vouloir contre le chemin de fer en « tant qu'ouvrage indépendant, leur cupidité et leur amour du pillage « qui s'exercent sur leurs voisins aussi bien que sur les caravanes, leurs « courses continuelles d'une rive à l'autre de l'Euphrate, deviendraient « assurément des causes de destruction pour les travaux d'art dont « l'établissement viendrait s'opposer, dans une certaine mesure, à la « rapidité de leurs rapines ou de leur fuite. Le tracé d'un sem- « blable chemin de fer serait peu judicieux par suite de la difficulté « de protéger plus de cent milles de longueur : l'importance du corps « d'armée qui deviendrait nécessaire, dans ce cas, occasionnerait une « dépense énorme, qui absorberait tous les revenus de l'entreprise, « à moins que le gouvernement se décidât à exterminer toutes les tribus « arabes sur ce parcours, ce qui serait impossible. Au contraire, si le « chemin projeté partait d'Alexandrette pour passer par Alep, Birjik, « Orfah, Nisibis, Mossoul et arriver à Bagdad, les ouvrages et les établis- « sements seraient en sûreté parfaite, sur toute l'étendue de la ligne « construite à travers un pays habité, cultivé en grande partie, présen- « tant un sol presque de niveau et libre de difficultés naturelles. Bien « qu'alors la longueur du chemin de fer deviendrait un peu plus consi- « dérable qu'avec le tracé suivant la vallée de l'Euphrate, les frais d'éta- « blissement seraient moindres en raison du grand nombre de gens qui « sont prêts à venir sur les chantiers. Il n'est pas question du bois de « charpente qui se trouve à pied d'œuvre et conviendrait particulière- « ment pour les traverses : le coût en serait modéré et les eaux du Tigre « transporteraient les bois nécessaires tout le long de la ligne. Pour « rendre l'entreprise aussi profitable que possible aux actionnaires et « la Compagnie, il n'est point douteux que la ligne doit passer par ces « districts fertiles, qui donneraient du trafic local, de telle sorte que « beaucoup de produits aujourd'hui envoyés dans un port quelconque « seraient toujours transportés à Alexandrette, et qu'en outre un grand « commerce d'échanges s'établirait entre les localités les plus impor- « tantes.

« Avec un chemin de fer, le développement des affaires de Mossoul « atteindrait à un degré suffisant pour offrir de profondes modifications ; « aussi dois-je mentionner certains articles du commerce et de la pro- « duction locale de cette ville et des pays voisins, sans entrer dans « l'examen des articles d'Alexandrette, d'Alep, d'Orfah, ou de Bagdad. « Les noix de galle constituent un important article d'exportation. On

« les recueille sur les montagnes voisines de Mossoul pour l'industrie « locale en même temps que pour le commerce extérieur; on compte « annuellement de 4000 à 8000 kantars de 30 maunds chaque, équiva- « lent à 12 okes.

« La laine est aussi une des principales denrées du marché de Mos- « soul, donnant, par année, une exportation supérieure à 3 000 kantars.

« Quant aux importations, elles se font par le port d'Alexandrette, de « là passent à Alep, et sont dirigées sur Diarbékir, Mossoul et beaucoup « d'autres endroits. De Mossoul, de grandes et nombreuses caravanes « partent pour Bagdad, pour la Perse, et se dirigent vers les différentes « places de ce pays.

« Les importations consistent en produits de toutes espèces, tels que « fer, plomb, sulfate de fer, campêche, grains, bois, cuivre en feuilles, « sucre, papier, coutellerie et beaucoup d'autres articles de fabrication « européenne.

« On peut estimer la totalité des exportations annuelles de 6 000 à « 8 000 kantars. Les marchandises venant de Bagdad sont principale- « ment destinées à la consommation locale de Mossoul et des villes en- « vironnantes, mais le transport en est toujours incertain, très-coûteux « et accompagné de grands risques.

« Ces marchandises comprennent principalement l'indigo, le café, le « sucre brut de l'Inde, les cuirs, les laines, les dattes, etc., etc.

« Les importations de Perse sont le tabac en grande quantité, la soie « brute et ouvrée, le fer, les armes, les tapis, etc., s'élevant annuelle- « ment à 7 000 kantars environ. Ces marchandises trouvent leur emploi « en partie à Mossoul, et le reste est expédié à Diarbékir, Orfah, Alep, « Damas et autres villes. Lorsque nous considérons l'abondante produc- « tion de ce pays en céréales de toutes sortes, production si excessive « que de grandes quantités de grains pourrissent chaque année en raison « du prix des transports par caravane, nous pensons que des moyens « de communication moins onéreux avec les autres centres de la contrée « et avec un port d'embarquement permettraient d'approvisionner la « majeure partie du continent européen. Les cultivateurs se sont toujours « montrés disposés à traiter de leurs immenses récoltes à des conditions « auxquelles aucun autre pays ne pourrait descendre; aujourd'hui le « peu de demandes et la grande difficulté des transports déterminent « un excédant annuel d'environ 60 000 kantars ou 15 000 tonnes de cé- « réales, blé et orge principalement.

« Dans les années favorables, la quantité des céréales est telle, que les « cultivateurs ne prennent pas la peine de faire la moisson, ou que, s'ils « coupent les épis, les grains sont détruits dans les greniers par les in- « sectes. Une saison favorable dans de telles conditions n'est pas meil- « leure pour le cultivateur qu'une année de disette où le prix de la « récolte ne paye point le coût de la moisson, la redevance, la maille

« noire[1], etc., auxquels il est soumis avec le système d'impôts ac-
« tuels.

« Pendant les cinq dernières années, les sauterelles ont causé de graves « dommages dans toutes les récoltes de Mossoul et des districts envi- « ronnants. Ces insectes n'épargnent ni les champs, ni les jardins et « cependant, en dépit des ravages causés par ce fléau, le prix du grain « n'en a pas été sérieusement affecté, ainsi qu'on aurait pu naturellement « s'y attendre ; c'est une preuve que les quantités détruites ont seulement « réduit l'excès de la récolte. Quelquefois le froment se paye à Constan- « tinople de 18 à 20 piastres le kantar ; l'orge 12 piastres. Il n'est pas « surprenant qu'à de tels prix la culture donne souvent de la perte au « producteur.

« En l'année 1862, une sérieuse invasion de sauterelles détruisit une « notable partie des récoltes dans cette région ; néanmoins les habitants « de Mossoul et des districts environnants s'approvisionnèrent de grains « pour deux années, et les cultivateurs eurent encore un excédant de « 70 000 kantars, dont on disposa comme suit : 20 000 kantars furent « expédiés à Bagdad, 5 000 aux Kourdes des montagnes, et 20 000 aux « tribus de pasteurs qui viennent des frontières de la Perse. L'établisse- « ment du chemin de fer à travers ces contrées, en donnant aux agri- « culteurs la confiance de trouver des acheteurs pour leurs récoltes, « développerait naturellement la culture dans des proportions énormes « pour la province de Mossoul, où le cinquième du sol à peine se trouve « exploité ; l'amélioration des moyens de communication mettrait « donc en valeur des terres incultes aujourd'hui.

« J'espère que ce rapport succinct suffira pour montrer la grande im- « portance et les nombreux avantages qu'il y aurait à faire passer le « chemin de fer *viâ* Mossoul en même temps que les inconvénients du « tracé par la vallée de l'Euphrate.

« *Signé* : KAWAJEE HAMJEE BINNY. »

Le projet actuel est si vaste et son importance est telle pour notre empire, qu'ayant atteint ce qu'on pourrait appeler le point de séparation du trafic entre les mondes de l'Orient et de l'Occident, il serait bon d'insister sur l'utilité considérable d'une œuvre dont les conséquences et la valeur seraient égales, sinon supérieures, aux résultats produits par l'union de l'Angleterre à l'Amérique au moyen du télégraphe électrique. Notre projet, s'il se réalisait, faciliterait les relations entre les peuples les plus anciens du monde dont l'existence remonte au delà des siècles et que nous pouvons, dans une certaine mesure, appeler nôtres. Il ne faudrait plus des semaines, mais quelques jours seulement pour franchir la distance qui sépare l'Orient de l'Occident.

1. Tribut payé aux maraudeurs des montagnes (note du traducteur).

De même que Waghorn réduisit la route des Indes de cent-dix à trente-trois ou trente-cinq jours, l'auteur espère, si son projet est accepté et réalisé, la ramener à treize jours, au plus, en utilisant les chemins de fer actuellement existants en Europe, et en prenant Brindisi pour point de départ méridional.

Après s'être arrêté un peu longuement au point central de la route, l'auteur reprend son chemin dans la direction E.-S.-E., traverse la rivière *Ghagur el Gome* et, quelques milles plus loin, la rivière Labal-Ala (probablement le *Lerbis* de Pline), puis gagne la petite ville d'Arbèles. Trente milles au delà, en suivant le tracé proposé et la route des caravanes, on arrive à la rivière *Label-Asful*, cours d'eau très-peu considérable, sur les bords duquel est située la petite ville d'Altoun Kipri; vingt-deux milles plus loin se rencontre l'importante ville de Kirkook, à quatre-vingt-dix-huit milles de Mossoul et à cinq cent quatre-vingt-treize milles d'Alexandrette.

Kirkook constituerait encore une intéressante station commerciale, car c'est le point d'arrivée des caravanes venant de Perse et s'y rendant par *Soulamaina* et par les différents passages des montagnes qui forment la frontière du royaume persan; cette station se trouve aussi sur la principale voie de trafic qui, de Bagdad et des autres villes du sud, conduit au port d'Alexandrette.

Dans le voisinage de Kirkook se trouvent des gisements abondants d'huiles minérales, sous diverses formes, depuis le pétrole jusqu'à la naphte la plus pure.

La ville est bâtie sur l'un des affluents du Tigre, mais cette rivière est de peu d'importance.

A partir de ce point, la route continuerait dans la direction S.-S.-E. par Lant Lendji, et traversant la petite rivière Vais Sow, s'infléchirait vers le sud, presque parallèlement à la rivière Adhem, atteindrait Ghafa près Seudia, à quelques milles de la rive gauche du Tigre, et finalement arriverait à Bagdad, à cent cinquante milles de Kirkook et à sept cent quarante-trois milles d'Alexandrette.

Le pachalik et la cité de Bagdad sont les plus importants de la Mésopotamie ou de l'Arabie turque; on y compte cent mille âmes, et c'est un des principaux centres de commerce. La ville est située sur le Tigre, navigable à partir de ce point jusqu'à la mer pour les steamers et les grands bateaux; elle est entourée d'une haute muraille de briques garnie de tours bastionnées. Presque entièrement construite par Daûd Pacha ainsi que le bazar, cette ville est considérée comme l'une des plus belles de l'Orient. L'aspect de Bagdad avec ses dômes peints et ses minarets dorés fait penser aux scènes bien connues des *Mille et une Nuits*.

Au point de vue commercial, la situation est sans pareille; l'ouverture d'un chemin de fer arrivant du monde occidental et partant de là pour le monde de l'Orient, assurerait un accroissement de trafic chiffrable par

millions. Tout le commerce de la Perse avec l'Europe, l'Égypte et l'Inde trouverait une issue rapide et sûre à Bagdad. L'Inde participerait grandement à ce mouvement, en trouvant là le complément de nos communications par voie ferrée. Les produits du Bengale, de Bombay, de Madras, de Punjab et de Kachmyr, pourraient ainsi arriver sur tous les marchés de Mésopotamie, d'Arabie turque, de Perse et d'Europe.

Toute la Syrie, la Perse occidentale, l'Anatolie et l'Asie-Mineure profiteraient également des immenses bénéfices résultant d'un semblable chemin. Le Tigre, étant navigable jusqu'à Bagdad, permettrait d'accélérer la construction, puisqu'on pourrait travailler à la fois à Alexandrette, au nord et au sud de Bagdad; le matériel serait amené par la voie du cap de Bonne-Espérance jusqu'à Bassora, et par bateaux jusqu'à Bagdad; avantage important, assurément, eu égard aux résultats nationaux et politiques qui découlent de l'exécution rapide d'une route semblable. La voie la plus directe, la plus rapide et la plus sûre, constitue l'objectif impérieux des transactions commerciales de l'ancien et du nouveau monde.

On objectera peut-être que le chemin de fer devrait s'arrêter à Bagdad, afin d'utiliser le cours du Tigre, navigable pour de petits steamers; mais cette navigation est toujours incertaine, les vaisseaux ne peuvent tirer plus de cinq pieds d'eau, le niveau s'abaisse beaucoup pendant l'été. Les steamers sont maintenant tenus à des délais et à des époques fixes. Ces inconvénients, ajoutés à celui de rompre charge avec tout le trafic continental, suffisent pour déterminer le prolongement de la ligne jusqu'au port.

De grands steamers, tels que les bâtiments construits par la compagnie P. et O., qui se rendent actuellement à Bombay, pourraient en tout temps atteindre Bassora sur le Chat-el-Arab avec trente pieds d'eau assurés et un fond vaseux.

Revenons au tracé du chemin de fer au delà de Bagdad : La voie, en quittant cette ville, s'éloignerait du Tigre et traverserait, à une courte distance, la rivière Diyala, large de quatre-vingt-dix à cent yards (82^m à 91^m), laisserait les ruines de l'arc de Chosoès et les restes de Ctésiphon sur la droite et traverserait à peu près en ligne droite la plaine de *Kut-el-Amara*, pauvre ville de garnison turque située au confluent de la rivière Chat-el-Haie et de l'Euphrate[1]; cette rivière est navigable pour les bateaux du pays pendant les mois de novembre, une partie de décembre, en mars et en avril; le reste de l'année la navigation est incertaine.

L'auteur propose de traverser le Tigre[2] un peu au nord-ouest de la ville pour gagner la rive droite du fleuve et pour s'en tenir aussi près

1. D'après l'itinéraire indiqué par M. Latham, sur la carte jointe à son mémoire, il s'agit ici du Tigre et non de l'Euphrate. (E. S.)

2. Le tracé graphique de M. Latham laisserait supposer que, contrairement à son projet, la ligne suivrait la rive gauche du Tigre jusque vis-à-vis Kurnah. (E. S.)

que le permet une ligne directe, continuant jusqu'à Kurnah, au confluent du Tigre et de l'Euphrate qui forment ensemble le Chat-el-Arab. A l'exception de deux ponts sur la Diyala et sur le Tigre, la construction de la voie entre Bagdad et Kurnah ne présenterait aucune difficulté d'établissement. La distance de Bagdad à Kurnah est de deux cent quarante milles, ce qui donne pour la distance totale du port méditerranéen neuf cent quatre-vingt-trois milles.

Kurnah n'a aucune importance aujourd'hui, mais traversée par le chemin de fer et grâce à sa situation au confluent de deux fleuves considérables, elle serait susceptible d'une grande extension. Elle renferme sept à huit cents maisons bâties généralement avec les roseaux des marais avoisinants.

La position de Kurnah paraît celle de l'ancienne Apamée qui se trouvait probablement en dedans d'une antique muraille élevée entre la rive de l'Euphrate et le Tigre. Ces deux fleuves perdent leur nom en confondant leurs eaux dans le Chat-el-Arab qui, en cet endroit, subit l'influence de la marée et dont la largeur est d'un demi-mille, la profondeur moyenne de vingt-deux pieds.

L'auteur propose de traverser l'Euphrate à Kurnah et de gagner la rive droite du Chat-el-Arab, afin d'atteindre Bassora comme terminus. La contrée depuis l'Euphrate jusqu'à Bassora, offre principalement des plants de dattiers et le sol assez bas se trouve inondé de place en place par les hautes eaux du fleuve ; mais comme la distance n'est que de quarante milles, ce serait encore préférable à l'établissement de la voie au milieu des marais qui existent sur la rive gauche et, en outre, à l'édification d'une nouvelle ville.

Bassora était une des cités les plus florissantes de l'Orient lorsque les Portugais étaient tout-puissants à Bunder-Abbas, à Ormuz et dans l'île de Karrock.

C'est maintenant la principale place de commmerce au fond du golfe Persique ; on y compte environ six mille maisons. La ville est bâtie des deux côtés d'une crique qui pourrait devenir un large canal maritime, avec portes-écluses à son entrée dans la rivière.

A l'époque du voyage de l'auteur, le gouvernement avait l'intention de donner suite à ce projet. Les hommes et les matériaux ayant été réunis, les travaux commencèrent ; mais ils échouèrent par suite de la soif de « pots-de-vin » de tous les personnages officiels ayant une attache dans l'affaire.

Le terminus de notre tracé une fois atteint à l'entrée du golfe Persique, à Bassora, comme port de mer, la distance d'un port à l'autre serait de mille vingt-trois milles qui, à raison de vingt-cinq milles à l'heure, nécessiteraient quarante-et-une heures, soit un jour et dix-sept heures ; et pour tenir largement compte des arrêts, deux jours entiers.

De Bassora, le voyage s'achèverait à Kurrachee ou à Bombay avec les

post-ocean steamers, qui suivraient un circuit elliptique, les bateaux pour Kurrachee attendant l'arrivée du steamer de Bombay à Mascate et complétant ainsi le lien entre Londres et l'Inde, lien qui, sur tout le parcours, profiterait au commerce et au progrès de la civilisation, sans que les dissensions des puissances d'Europe ou d'Asie pussent y porter atteinte; au contraire, cette route satisferait trop les intérêts matériels de millions d'hommes pour ne pas obtenir et conserver les encouragements de tous les pays. La Chine elle-même y trouverait profit pour toutes ses précieuses denrées qui pourraient arriver sur les marchés occidentaux de l'Angleterre par une voie plus rapide.

Tous les besoins politiques et commerciaux de l'Inde seraient sauvegardés. La Perse s'ouvrirait d'un côté à l'Océan indien et de l'autre à la Méditerranée.

Les habitants de la côte orientale d'Afrique atteindraient facilement Mascate. L'Arabie turque et la Mésopotamie redeviendraient les pays les plus productifs de la terre, alors que des canaux et des irrigations délaissés depuis des milliers d'années pourraient encore répandre sur d'immenses espaces cet élément qui amène une vie nouvelle au sein de la terre, et de là une ère de civilisation pour ces hordes arrivées à un état d'indépendance barbare.

La durée du voyage, soit jusqu'à Kurrachee, soit jusqu'à Bombay, serait la suivante :

De Londres à Bombay.

	Jours.	Heures.
Londres à Brindisi, par chemin de fer	2	10
Brindisi à Alexandrette, par mer	4	10
Alexandrette à Bassora, par chemin de fer	2	0
Bassora à Bombay, par mer	5	8
Total	14	4

Cette route n'exigerait donc que neuf jours et dix-huit heures de mer et quatre jours et dix heures de chemin de fer, économisant ainsi treize jours entre Londres et Bombay et dix-sept jours dix heures entre Londres et Kurrachee.

Actuellement les passagers changent de steamer à Bombay pour Kurrachee, ce qui occasionne un retard, sans parler de l'inconvénient de rompre charge.

La nouvelle route de Londres à Kurrachee se ferait comme suit :

	Jours.	Heures.
Londres à Brindisi, par chemin de fer	2	10
Brindisi à Alexandrette, par mer	4	10
Alexandrette à Bassora, par chemin de fer	2	0
Bassora à Kurrachée, par mer	4	4
Total	13	0

Ces chiffres sont basés sur une vitesse de vingt-cinq milles à l'heure par chemin de fer, mais les trains pourraient marcher à raison de trente à trente-cinq milles à l'heure, avec l'accroissement de la sécurité du pays et en améliorant l'administration locale. Par mer, les distances à parcourir avec le projet de l'auteur sont les suivantes :

Douvres à Calais	63	milles.
Brindisi à Alexandrette	850	—
Bassora à Bombay	1 779	—
Total	2 692	—

La longueur de la route maritime actuelle en s'embarquant à Southampton est de :

Southampton à Alexandrie	2 951	milles.
Suez à Aden	1 308	—
Aden à Bombay	1 664	—
Total	5 923	—

La nouvelle route *viâ* Marseille donne, pour la navigation, les nombres ci-après :

Douvres à Calais	63	milles.
Marseille à Alexandrie	2 478	—
Suez à Bombay	2 972	—
Total	5 513	—

D'après le projet de l'auteur, le parcours sur terre ferme par l'Arabie comparé au parcours par l'Égypte, *viâ* Southampton, est comme 16 à 1 et comme 14 à 15 *viâ* Marseille, tandis que la traversée dans la route de l'auteur est comme 1 à 92 *viâ* Southampton et à 13 *viâ* Marseille.

Pour résumer, les conditions géologiques de la contrée traversée par notre route peuvent être considérées comme généralement très-favorables à l'établissement d'un chemin de fer. Les monts Beilan donnent d'excellente pierre qui conviendrait à toute espèce de constructions et de travaux et qui serait facilement extraite jusqu'au passage du Tarib et des hauteurs voisines qui bordent la plaine de Dana, derrière le monastère de Saint-Siméon. La plaine de Umk est constituée par un dépôt d'alluvion ou forme le fond d'un ancien marais immense. Dans le voisinage d'Alep se trouvent du sable de bonne qualité et des pierres de carrière qui ont servi à l'édification des principales maisons et des établissements publics de la ville; sur le bord de la rivière on peut extraire de bonne pierre à chaux.

Entre Alep et Birjek, la plaine ondulée est bordée au nord par des hauteurs qui fourniraient aussi les matériaux. A Orfah, de belles chaînes

de montagnes calcaires donneraient d'excellente pierre et de la chaux en abondance. Entre Orfah et Mardin, la chaîne rocheuse de Karraja Tagh s'abaisse et se prête à l'extraction de la pierre, tandis que près de Mardin le mont Cassius est également calcaire.

De Mardin par Nisibis et dans la direction de Mossoul, à travers la région nord de la Mésopotamie, le terrain est légèrement ondulé entre les nombreux affluents de la rivière Khabour, qui se jette dans l'Euphrate à vingt-sept milles environ au-dessous de Deir.

Le sol de la Mésopotamie est généralement formé d'une argile sableuse mélangée de schiste et de cailloux. Au nord, cependant, il existe un fort gisement de grès de bonne qualité.

Mossoul avec sa vaste cité, les ruines de Ninive près de là, Nimroud plus en aval sur le Tigre, les gigantesques murailles qui existaient de toute antiquité sur le fleuve, indiquent suffisamment l'abondance de la pierre, de la terre à brique et de la chaux dans cette région. Entre Mossoul, Kirkook et Bagdad, les ondulations du terrain n'exigent pas de grands travaux, le sol est principalement formé de grès et de schiste, les hauteurs à l'ouest de Kifri fournissent la pierre en abondance.

De Bagdad à Kut-el-Amara, à Kurnah et à Bassora, les principaux matériaux de construction seraient les briques, attendu qu'on trouve peu de pierre dans cette plaine et que le combustible nécessaire à la cuisson des briques descendrait des sources du Tigre et de ses principaux affluents. Il est remarquable que sur un parcours d'un millier de milles, il y ait si peu de rivières à traverser et que celles-ci présentent si peu de difficultés à vaincre. Les caractères naturels des lits et des rives se trouvant à peu près les mêmes, permettraient d'adopter un type de pont uniforme, même système de travées dans tous les cas, même construction des piles; le nombre des arches seul varierait suivant la largeur du cours d'eau. Un semblable mode de construction, à une pareille distance, hâterait l'exécution des travaux et serait d'autant plus économique.

Les principales rivières que traverse notre route seraient, d'abord, l'Euphrate à Birjek; en second lieu, le Tigre à Mossoul; troisièmement, la Lebelatta qui se jette dans le Tigre à Nimroud; quatrièmement, la Diyala, près Bagdad; cinquièmement, le Tigre, encore une fois, près Kut-el-Amara; et l'Euphrate, de nouveau, près de sa jonction avec le Tigre à Kurnah.

Les cours d'eau moindres n'offrent point de caractères particuliers et se rencontrent dans la même proportion que sur les autres lignes de chemin de fer établies dans des pays de plaine.

De Bassora et à une petite distance en aval, l'Euphrate et le Tigre réunissent leurs eaux, le fleuve devient large et majestueux. C'est alors, on l'a vu, un canal maritime d'environ un demi-mille de large et presque droit; plus au sud, il est encore grossi par les eaux de la Kerah ou Kerhah, dont la source se trouve dans les montagnes d'Ardelan. La largeur moyenne du

Chat-el-Arab est de plus de 600 yards, avec une profondeur de vingt-et-un pieds entre Kurnah et Bassora. Le général Chesney rapporte que le fleuve coule avec une vitesse de deux nœuds à l'heure à marée montante et de trois nœuds à marée basse. A Bassora, la profondeur est de trente pieds, la largeur augmente également et permet d'évoluer aux plus puissants navires.

D'après la nature du fleuve, la position de Bassora et la disposition de la crique, toute construction de bassins pourrait être entreprise en cet endroit. De Bassora, le fleuve prend une direction E.-S.-E., passe les îles Solikjyah et Mosky, atteint Mahonera à l'embouchure de la rivière Karoun, et de ce point suit la direction S.-S.-E. jusqu'à l'entrée du golfe Persique. Depuis Bassora, le Chat-el-Arab est libre de tout obstacle capable de gêner une navigation à vapeur semblable à celles qui existent sur le Hooghly pour desservir Calcutta, et sur le Irrawaddy jusqu'à Rangoon, dans le Burmah. Les navires venant d'Europe remontent jusqu'à Bassora pour le commerce de Bagdad et transbordent là leurs cargaisons qui sont portées plus loin par les vaisseaux du pays.

Avec le chemin de fer de Bagdad à Bassora, la durée du trajet entre ces deux villes serait de cinq heures, et réduirait le voyage de Londres à Kurrachee à treize jours douze heures ou environ quatorze jours quatre heures jusqu'à Bombay directement.

Depuis que notre communication a été faite, une autre amélioration, également importante, s'est trouvée réalisée à l'aide des capitaux anglais; cette amélioration déterminera bientôt un changement favorable aux relations entre l'Orient et l'Occident.

La voie de terre qui jusqu'ici était généralement suivie par Marseille et Trieste, va se trouver remplacée par la ligne ferrée qui aboutit à Brindisi, devenu le point de débarquement pour la malle et les voyageurs; ceux-ci, arrivant au sud de l'Italie, gagnent, en ne prenant pas la route de Trieste ou de Marseille, plusieurs jours de traversée.

Cette œuvre sera réalisée par la « European Central Railway Company» qui a entrepris de combler la lacune existant actuellement en Europe, au nord et au sud de la Suisse, en construisant une ligne de Chiasso à Biasca, dans le canton du Tessin puis à Lucerne par le St-Gothard ou à Coire par la route passant sur la « Luckmania. »

Cette ligne abrégera la distance jusqu'à Alexandrette d'environ huit cent cinquante milles.

La chambre des députés en Italie a déjà voté 6 000 000 de francs pour que le port de Brindisi fût en mesure de suffire aux exigences du commerce de l'Inde et de la Chine. Les travaux ont été commencés à Lugano en 1863, et inaugurés solennellement par les gouvernements suisse et italien. La concession de cette partie de la route directe de l'Inde à travers le canton du Tessin, est faite pour quatre-vingt-dix-neuf ans.

La question traitée dans ce mémoire a été pour l'écrivain un objet d'in-

téressante étude pendant plusieurs années ; il résolut de se livrer, aussitôt que l'occasion se présenterait, à un examen personnel des projets du général Chesney et de sir John Macneill, en même temps qu'à une enquête sur les mérites de son propre tracé, auprès des autorités de Bassora, de Bagdad, de Mossoul, de Mardin, de Diarbékir, d'Alep, d'Antioche et d'Alexandrette.

Il doit de vifs remercîments aux différents consuls et aux consuls généraux, ainsi qu'au capitaine Selly, inspecteur général de Mésopotamie, pour leurs informations et leurs avis sur les deux routes. Quant aux avantages des deux tracés comme entreprise commerciale, il ne peut y avoir qu'une opinion.

En accomplissant ce travail, l'auteur ne s'est mis en rapport avec aucune compagnie. Toutes les recherches ont été faites volontairement et poursuivies à ses frais. Le but principal de l'auteur a été de trouver une voie qui, si elle était établie, ne devînt pas une charge financière, soit pour le gouvernement anglais, soit pour le gouvernement turc, mais qui, traversant tous les centres commerciaux de l'Arabie turque, pût se suffire par les seules ressources du trafic intérieur.

DES DOCKS FLOTTANTS

ET EN PARTICULIER

du système pneumatique et à flotteurs automobiles

DE M. JANICKI.

Par M. BRÜLL.

INTRODUCTION

La Société n'a pas oublié l'intéressante communication que M. Mallet lui a présentée, dans sa séance du 6 septembre 1867, sur les appareils pour la mise à sec des navires à l'Exposition universelle de Paris. Le développement de la marine à vapeur, l'emploi de plus en plus général du fer pour les coques, l'augmentation du tonnage des navires donnent chaque jour plus d'intérêt à cette question. Nous avons été conduit à l'étudier, à l'occasion de l'examen d'un nouveau système de dock flottant, inventé par notre ami, M. Janicki. Peu familier avec les choses de la marine, nous avons demandé l'avis de plusieurs personnes compétentes, nous avons réuni divers documents relatifs aux appareils propres au levage des navires; c'est le résultat de ces recherches que nous prenons la confiance de soumettre aujourd'hui à votre bienveillante attention.

Nous divisons, avec M. Mallet, les moyens de mettre à sec les navires en quatre groupes distincts. Le premier comprend les procédés primitifs de l'abatage en carène, de l'échouage et des grils de marée. Les bassins de radoub ou formes sèches forment le second groupe. Le troisième comprend les différentes sortes de cales de halage. Enfin la quatrième classe est formée des appareils à soulèvement vertical; c'est dans cette classe que se rangent les docks flottants, et en particulier le dock flottant pneumatique, à flotteurs latéraux automobiles, de M. Janicki.

L'objet de cette note est d'étudier les appareils du quatrième groupe.

Les autres procédés seront cependant décrits en quelques mots pour permettre les comparaisons.

1° Moyens primitifs.

L'abatage en carène, l'échouage sur un fond de vase ou de sable, les grils de marée sont des moyens simples et économiques pour la visite des navires en bois de faibles dimensions. Ils ne conviennent pas aux grands steamers. Ces procédés qui sont pratiqués chaque jour dans nos ports rendent ainsi des services précieux, mais fort limités.

2° Bassins de radoub.

Les formes sèches ou bassins de radoub sont des enceintes étanches; creusées dans le sol ou édifiées sur le fond de la mer. L'entrée est fermée par des portes ou par un bateau-porte. Si la marée atteint une hauteur suffisante, on fait entrer le navire à haute mer, on ferme la porte et on laisse écouler l'eau par des vannes pendant que la marée descend. Refermant ensuite ces vannes, le navire reste asséché pendant tout le temps nécessaire à sa réparation. Dans ces conditions, l'opération n'est qu'un simple échouage, mais sur un fond préparé.

Si la hauteur de la marée est insuffisante, ou s'il n'y a pas de marée, il faut épuiser, à l'aide de pompes puissantes, une partie ou la totalité de l'eau contenue dans le bassin.

Les cales sèches constituent encore l'appareil le plus répandu. Il y en a à peu près dans tous les pays du monde, et les marines militaires de France et d'Angleterre le préfèrent à tout autre procédé. Ainsi M. Victor Delacour, ingénieur de la marine, directeur des travaux de la Compagnie des messageries, écrivait en 1862 : « Suivant nous, il n'y a pas de marine sans bassins de radoub. »

Quand l'assèchement se fait par la marée descendante, il n'entraîne à peu près aucune dépense et ne coûte que du temps; mais s'il faut employer de fortes pompes à vapeur, l'installation et l'exploitation coûtent cher; la dépense et le temps nécessaires sont d'autant plus grands que le navire est plus petit.

Lorsque le terrain est à la fois facile à travailler et à rendre étanche, les bassins de radoub peuvent être construits économiquement. Voici, par exemple, un tableau de sept bassins de radoub établis par M. Abernethy, deux à Falmouth et cinq à Birkenhead, sur la rivière Mersey, dans le grès rouge compacte.

DÉSIGNATION.	LONGUEUR.	LARGEUR.	PROFONDEUR.	PRIX.
		Docks de Falmouth.		
N° 1.........	105^m	15^m,30	4^m,65	
N° 2.........	120	19^m,80	5^m,25	
Ensemble...	225			725 000 fr.
		Docks de Birkenhead.		
N° 1.........	90^m	10^m,5	5^m,50	
N° 2.........	60	12^m,0	5^m,50	
N° 3.........	120	19^m,2	6^m,70	
N° 4.........	132	2^m,35	7^m,80	
N° 5.........	105	20^m,70	5^m,50	
Ensemble...	507			2 150 000 fr.

On voit que les prix moyens ressortent, pour les deux premiers, à 362 500 francs, et pour les cinq autres à 430 000 francs.

Mais ces prix sont facilement dépassés dès que les conditions deviennent moins favorables. Ainsi, deux bassins de radoub construits à Bow Creek, sur la Tamise, en un point où il a fallu descendre profondément les fondations, et qui présentaient : l'un, 120 mètres de long, 19^m,20 de large et 7^m,20 de profondeur; l'autre, 90 mètres de long, 13^m,80 de large et 6^m,30 de profondeur, ont coûté en moyenne 1 062 500 francs l'un.

A Toulon, les bassins de radoub ont été creusés dans un emplacement désigné par la distribution intérieure de l'arsenal. Le peu de consistance du terrain a donné lieu à de sérieuses difficultés et à de grandes dépenses.

A Portsmouth, on a terminé en 1865 la construction d'une forme sèche de 128 mètres de longueur et 23 mètres de largeur au couronnement, et de 11 mètres de profondeur. Il a fallu pour cet ouvrage, d'après M. Edwin Clarke :

3 800	mètres cubes	de granit,
760	—	de pierre de taille,
106 500	—	de briques,
3 800	—	de béton,
2 300	—	de bois.

Ces chiffres permettent de juger du montant considérable de la dépense.

La forme sèche du Havre a 140 mètres de long, 40 mètres de large,

10m,50 de profondeur; elle est destinée au radoubage des Transatlantiques à aubes, qui ont 24 mètres de largeur entre tambours. On dit au Havre que cette forme, dont la construction a duré quatre ans, a coûté environ 5 millions de francs. Elle est affermée à un entrepreneur moyennant une redevance annuelle de 6 000 francs. Il faut une journée entière pour y mettre un navire à même de commencer ses réparations.

La forme sèche de Boston, en maçonnerie, de 92 mètres de longueur, a coûté, d'après M. Stuart, ingénieur du gouvernement américain, 3 487 000 francs.

Celle de Norfolk, en maçonnerie, faite par les mêmes ingénieurs et sur les mêmes dimensions, a coûté, d'après M. Stuart, 4 860 000 francs.

A Woolwich, à l'extrémité ouest des docks, l'amirauté fit construire une forme en béton. Ce bassin ne put jamais être rendu étanche. Des infiltrations se faisaient jour à travers le sable et le sous-sol naturel, et le radier fut soulevé et crevé. Il fallut recommencer l'ouvrage en prenant toutes les précautions pour en assurer la réussite. Le fond du bassin fut constitué par une couche de béton de 2m,70, recouverte de 0m,45 de briques hourdées de mortier à la pouzzolane et de 1m,05 de granit solide. Toutes les murailles furent revêtues en granit, l'ouvrage fut établi dans les conditions les plus coûteuses.

On voit par ces exemples que, s'il est possible dans certaines situations de creuser économiquement des formes sèches, il y a, par contre, des localités où il est pratiquement impossible d'établir un bassin de radoub convenablement étanche et susceptible de conservation. Dans bien des cas, les difficultés rencontrées ou le luxe de la construction sont tels, que le travail dure des années et coûte plusieurs millions. Il ne peut convenir qu'à un gouvernement, et même à un gouvernement riche, d'entreprendre de semblables ouvrages dont on ne tirera jamais des services en rapport avec le prix de premier établissement.

2° Cales de halage.

Les cales de halage sont des plans inclinés, en charpente ou en maçonnerie, en partie submersibles, en partie insubmersibles, munis de rails sur lesquels on peut haler un berceau, ou ber, capable de supporter le navire en s'adaptant à sa quille et au bas de ses flancs.

Si le ber est à glissement, la pente est en général de 7 à 7 1/2 0/0. Une inclinaison plus faible empêcherait la mise à l'eau, et une pente plus forte obligerait à retenir le navire pendant sa descente, opération plus difficile, pratiquement, que le halage.

Dans les cales à ber roulant, comme celle de la Ciotat et comme l'ancienne cale de Bordeaux, l'inclinaison ne peut être que de 5 à 5 1/2 0/0. La longueur sous-marine de ces derniers appareils est, par conséquent,

plus grande que celle des cales à glissement; elle doit être encore augmentée en raison de la hauteur plus grande qu'occupe nécessairement le berceau roulant. La traction y est moindre et les machines nécessaires moins puissantes, le travail mécanique restant, bien entendu, théoriquement le même.

Quand le bord de la mer est en pente douce et formé de sable ou de galet peu compressible, les cales de halage, comme aussi les cales de construction, sont de la description la plus simple et du prix le plus modeste. On se contente, en effet, d'établir sur le terrain naturel, convenablement dressé, un ou plusieurs grillages superposés pour répartir la pression. On peut voir des constructions de ce genre au Havre, à Dieppe, à Fécamp. Il y en a aussi beaucoup en Angleterre, où on les désigne sous le nom de *Mortons patent slips*. M. Scott Russell estime à 150 000 francs le prix d'une cale pour navire de 3 000 tonneaux.

Mais la forme et la nature du rivage ne se prêtent pas toujours à un mode de construction aussi sommaire. Il faut alors établir une surface considérable parfaitement réglée et parfaitement résistante, avec cette difficulté qu'une partie du travail doit être exécutée sous l'eau. Il faut des enrochements considérables, recouverts d'épaisses couches de béton, ou bien des pilotis solides et rapprochés. Encore est-il difficile d'obtenir dans la partie submergée une régularité parfaite et durable du plan incliné, et les navires peuvent subir des pressions irrégulières qui les déforment et les détériorent. Le passage du bateau, de la position horizontale à la position inclinée est d'ailleurs une cause de fatigue. De plus, il faut un grand calme, des eaux très-limpides et une absence presque complète de courant, pour saisir les navires sur le ber préparé pour les recevoir. Ces opérations sont délicates, font perdre beaucoup de temps, ne peuvent s'effectuer régulièrement. Il en résulte que le nombre de bâtiments qui peuvent être asséchés avec cet instrument, dans une année, est très-petit. Il ne faut pas oublier, d'ailleurs, qu'avec les cales sèches, comme avec les formes de radoub, l'appareil est inutilisé pendant tout le temps de la réparation du navire mis à sec.

On a modifié de bien des façons les cales de halage. La traction s'opère, pour les petits navires, à l'aide de simples cabestans, et pour les bâtiments plus lourds, par des vis ou des chaînes mus par des moyens mécaniques ou bien encore par des presses hydrauliques. Ainsi, la cale de la Compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée à la Seyne, établie en 1862, est à traction hydraulique agissant sur un tirant en fer de 20 centimètres de diamètre; elle est destinée à recevoir des navires jusqu'à 2 000 tonneaux.

M. Delacour estime que pour des navires de 2 500 tonneaux le prix d'établissement serait de 6 à 700 000 francs. La cale de ce système, établie à la Spezzia pour des bateaux de 3 000 tonneaux, a coûté environ un million de francs.

On a fait aussi, notamment à Bordeaux, des cales transversales du système Labat, à 30 0/0 d'inclinaison. Le travail de M. Mallet en donne la description avec figures. Elles paraissent appropriées aux rivières à courant, mais elles exigent une construction sous l'eau très-considérable, et leur manœuvre, à l'aide d'un grand nombre de vis puissantes, ne laisse pas que d'être délicate et compliquée.

On peut conclure des faits qui viennent d'être rapportés, que la cale de halage constitue quelquefois une solution très-avantageuse, mais qu'il est aussi des situations dans lesquelles la construction en est difficile et coûteuse, tout en ne fournissant qu'un moyen peu commode et peu sûr d'assécher un petit nombre de navires.

4° Appareils à soulèvement vertical.

Nous examinerons maintenant les appareils dans lesquels le navire est directement soulevé suivant la verticale. Cette classe comprend les docks flottants et les docks à plate-forme élévatoire.

Parmi les appareils de cette dernière catégorie, nous citerons d'abord le dock à vis établi à New York en 1827. Une plate-forme en bois reçoit le navire, les deux extrémités de chacune des poutres transversales de ce gril sont reliées à quarante-six vis verticales. Deux rangées de pieux en bois sont alignées des deux côtés de la plate-forme; les écrous des vis élévatoires sont portés par des longuerines couronnant les deux rangées de pieux. Mais, en 1836, on remplaça les vis par des chaînes passant sur des poulies installées sur les longuerines, les chaînes étant tirées par des presses hydrauliques horizontales. M. Bramwell, qui a visité ce dock en 1853, rapporte qu'il fonctionne avec plein succès.

M. Robert Mallet proposa en 1842 une plate-forme articulée sur des bielles obliques, pouvant tourner autour de leur extrémité inférieure reposant sur le fond. En tirant sur la plate-forme à l'aide de treuils à vapeur puissants, les bielles se dressent, et la plate-forme s'élève en restant horizontale. C'est un mouvement de parallélogramme.

En 1845, M. Évans prit un brevet en Amérique, et en 1850, M. Scott dressa un projet complet pour une plate-forme dont les traverses étaient soulevées à leurs deux extrémités par des presses hydrauliques. On devait réparer les navires, soit sur le dock, soit sur des chemins de fer aboutissant à la plate-forme.

Mais le type de ce genre d'installation est certainement le dock hydraulique de M. Edwin Clarke, ingénieur bien connu par sa collaboration aux ponts de Britannia et de Conway. Cet appareil a été établi en 1857 aux docks Victoria, à Londres. En voici la description sommaire :

Deux lignes de seize colonnes creuses, en fonte espacées de 20 pieds

d'axe en axe, laissent entre elles un rectangle libre de 60 pieds de largeur sur 300 pieds de longueur. Ces colonnes renferment à leur partie inférieure des presses hydrauliques de 10 pouces de diamètre et de 25 pieds de course, alimentées par une pompe centrale et une machine de quarante chevaux. Chaque colonne est fendue depuis le niveau de l'eau jusqu'au sommet dans le sens de la ligne des colonnes, pour livrer passage à une forte traverse adaptée au sommet du plongeur. Aux deux bouts de cette traverse sont suspendus, par de longues barres de fer forgé, deux fermes en tôle de 65 pieds de longueur, traversant toute la largeur du dock. Les extrémités opposées de ces deux poutres sont de même suspendues aux bouts de la traverse de la colonne placée en regard de la première.

On a ainsi seize paires de poutres suspendues qui sont à fond sous 27 pieds d'eau, quand les plongeurs sont au bas de leur course, et qui montent jusque au-dessus de la surface de l'eau quand les plongeurs sont soulevés. Elles forment une grande plate-forme pouvant monter ou descendre en supportant un navire.

Les trente-deux presses hydrauliques sont partagées en trois groupes, dont le premier comprend les seize presses d'avant, et chacun des deux autres les huit presses d'un même côté de l'arrière. Les presses de chaque groupe sont reliées de façon à recevoir ensemble les mêmes pressions. Les centres d'action des trois groupes forment ainsi une sorte de trépied sur lequel repose la charge à soulever. La manœuvre d'un robinet permettant d'agir sur l'un quelconque de ces centres, on arrive aisément à maintenir la plate-forme horizontale. Dans chaque groupe, une presse quelconque peut être isolée par la fermeture d'un robinet, de sorte que le robinet général du groupe n'agit que sur les presses restées ouvertes.

M. Clarke (Communication aux ingénieurs civils de Londres, du 27 février 1866) explique qu'en reliant par des poutres longitudinales les fermes suspendues aux presses, on peut constituer un gril rigide propre à recevoir directement le navire à soulever. On pourrait aussi recouvrir cette charpente d'un bordé, de façon à constituer un chaland pouvant soutenir le navire après son assèchement. Mais l'appareil ne pourrait servir dans ces conditions qu'à un seul navire à la fois.

Ce qui constitue peut-être la partie la plus ingénieuse de l'invention, c'est l'emploi de chalands en tôle aménagés pour recevoir les navires et pour être soulevés par le dock. Ces chalands sont des caisses rectangulaires ouvertes par le haut, ayant toutes environ 58 pieds de largeur, et dont les longueurs et les tirants d'eau sont variés pour répondre aux dimensions et au poids des navires à assécher. Les parois sont consolidées longitudinalement et transversalement par des poutres pleines en fer qui partagent le chaland en compartiments étanches. Chaque compartiment porte une soupape à vis. Une large carlingue centrale reçoit les blocs de calage de la quille. Des coins, destinés à soutenir les flancs du navire

glissent sur les varangues transversales. Voici comment s'exécute la manœuvre de l'appareil Clarke.

On choisit un chaland de dimensions appropriées. On l'amène dans le dock et on le coule sur la plate-forme en desserrant les soupapes de fond. En ouvrant les robinets d'échappement des presses, on fait descendre la plate-forme et le chaland à la profondeur voulue pour recevoir le navire flottant. On amène alors celui-ci entre les deux colonnades, et on l'amarre au centre. Les presses jouent et le chaland vient bientôt s'appliquer sous le navire. C'est la quille qui est touchée la première par les blocs de la carlingue centrale. Les blocs latéraux sont facilement amenés à porter à leur tour par la manœuvre de chaînettes disposées à cet effet. La plate-forme et le chaland supportant le navire sont ensuite soulevés jusqu'à ce que le chaland ait son fond hors de l'eau. Celui-ci se vide par ses soupapes, que l'on referme aussitôt. On laisse descendre alors tout l'appareil, et le chaland flottant avec le navire est retiré du dock.

Huit bassins de 6 pieds seulement de fond, de 60 pieds de large et de 3 à 400 pieds de long, entourés d'ateliers de toutes sortes, sont disposés pour recevoir les chalands chargés.

Les manœuvres qui viennent d'être décrites durent ensemble de deux à quatre heures, mais elles n'occupent le dock que pendant une demi-heure environ, de sorte que l'appareil élévatoire muni d'un nombre suffisant de chalands et entouré de bassins peut suffire au levage d'un très-grand nombre de navires.

L'appareil Clarke coûte 625 000 francs en dehors du transport et de l'installation. Les chalands varient de prix suivant le tonnage. Les sept chalands gradués que comporte le matériel du dock valent ensemble 1 029 000 francs. La dépense du creusement des bassins et des constructions, en général, s'est élevée aux docks Victoria à 536 000 francs. Avec ces éléments, on arrive à un total de 2 190 000 francs, chiffre considérable, comme valeur absolue, mais qui, rapproché du nombre de navires qu'on peut assécher dans un port très-fréquenté, est plus avantageux de beaucoup que le prix d'établissement des formes ou des cales. La manœuvre de l'appareil Clarke est de plus infiniment plus rapide.

Le dock hydraulique de M. Clarke fonctionne d'une façon satisfaisante, et il a levé sans accident des milliers de navires. Malgré cela, l'entreprise de l'exploitation de ce dock n'a donné que des pertes, tant que la Compagnie n'a pas joint à son industrie celle de la réparation des navires. La grande concurrence des docks établis à Londres explique ce fait ; les constructeurs assèchent le navire pour rien pour s'assurer les travaux de réparation.

Il faut remarquer, d'autre part, qu'il est difficile d'occuper à plein une installation aussi grandiose. Les sept premières années ont donné ensemble 1 055 bateaux d'un tonnage total de 712 400 tonnes. C'est par an

150 navires d'un tonnage moyen de 675 tonneaux. Ce chiffre est tout à fait insuffisant pour rendre l'opération fructueuse.

Nous arrivons maintenant à l'étude des docks flottants.

Le premier appareil de ce genre aurait été, d'après M. Bramwell, établi en 1785, à Rotherhithe, par un constructeur de navires, nommé Watson. C'est une grande boîte à fond plat, munie à l'une de ses extrémités d'une porte pouvant livrer passage au navire à caréner. En ouvrant des clapets, l'eau remplissait la boîte : on ouvrait la porte et on faisait entrer le navire. Refermant ensuite la porte et les clapets, on épuisait l'eau à l'aide de pompes. Il semble qu'aucune disposition spéciale n'ait été prévue, soit pour régler la descente du dock, soit pour l'empêcher de s'enfoncer trop bas. Comme l'immense boîte était construite en bois, elle flottait probablement, quoique ouverte, par sa seule densité.

Depuis cette époque, nombre d'appareils analogues ont été construits dans divers ports, mais on les a installés entre deux lignes de pieux ou de piles servant de guides, de sorte qu'ils ont perdu par là l'indépendance complète qui constitue le caractère distinctif des docks flottants.

On a fait beaucoup de docks en bois de dimensions restreintes, consistant en une caisse dont l'un des bouts est fermé par une porte. Les bords sont assez hauts pour dépasser encore la surface de l'eau, quand le fond est descendu à un niveau assez bas pour recevoir au-dessus de lui le navire flottant.

Dans cette position, le ponton est soutenu à flot par la poussée des murailles qui sont creuses et formées de caissons étanches. Trois appareils de ce genre ont fonctionné longtemps à Marseille, à Bordeaux et au Havre. Ce dernier est même encore en service, bien que dans un état de vétusté avancée. Il a 65 mètres de longueur.

Le dock à boîte ou balance-dock, introduit en 1839 aux États-Unis par M. Gilbert, consiste essentiellement en un ponton muni de deux murailles latérales. Le ponton a un déplacement suffisant pour porter tout le poids du dock et du navire à soulever. Les murailles latérales sont creuses et d'une largeur considérable; elles servent à soutenir le dock à flot en l'empêchant de s'immerger trop bas, et elles en assurent la stabilité pendant l'immersion et l'émersion. Des fenêtres sont pratiquées dans les murailles pour faciliter la ventilation, et on s'appuie sur celles-ci pour accorer le navire, comme dans une forme sèche en maçonnerie. Au sommet de l'appareil sont placées les chambres des machines et des pompes et la plate-forme de manœuvre. Pour soulever les bateaux les plus lourds que puisse recevoir le dock, des portes sont installées aux deux extrémités, de façon qu'après avoir levé à moitié le dock et le na-

vire on envoie l'eau qui entoure le navire dans le caisson inférieur, déjà vidé.

Plusieurs docks de ce genre ont été construits en Amérique, tous en bois. Il y en a à New-York, à Charleston, à Savannah, à Mobile, à la Nouvelle-Orléans. Le dock de la Havane, construit en 1858 à la Nouvelle-Orléans, fut remorqué à destination sans accident. Il mesure 90 mètres de long, 23ᵐ,70 de large; le ponton de fond a 2ᵐ,85 de haut, et l'appareil peut lever des navires de 6 mètres de tirant d'eau. Il a coûté 2 500 000 francs.

En 1858, M. Gilbert fut employé par le gouvernement autrichien pour construire un de ces docks en bois pour le nouvel arsenal de Pola, où l'on avait échoué dans le creusement d'un bassin de radoub. Le dock fut fait à Venise et remorqué. Il a fait un bon service et a pu mettre à sec, entre autres, le vaisseau à hélice Kaiser, qui pesait, tout armé et chargé, 5 066 tonneaux. Le dock portant le navire est amené dans un bassin de faible profondeur où on l'échoue. Un chemin de fer de 700 pieds de long se présente au niveau et à l'alignement des carlingues principales du ponton du dock, et le navire est halé par des presses hydrauliques. Il y a deux de ces bassins et deux chemins de fer pouvant recevoir chacun deux navires. La presse hydraulique est portée sur un chariot roulant et se fixe solidement, soit sur le chemin de fer, soit sur le dock.

Des installations analogues existent à Pensecola, dans le golfe du Mexique, à Portsmouth (New-Hampshire), et dans plusieurs ports des États-Unis. Le dock de Pensecola, terminé en 1851, a les dimensions suivantes :

Longueur.	105 mètres.
Largeur.	32 mètres.
Profondeur.	14ᵐ,50.

Les dépenses se sont élevées :

Pour le dock flottant, à.	2 778 500 fr.
Pour le bassin et les chemins de fer, à	176 600 fr.
Pour le bateau-vanne, à.	6 500 fr.
	2 961 600 fr.

MM. Randolph et Elder, de Glascow, ont construit plusieurs docks en fer d'un système analogue dont la section transversale est en forme d'U. Deux de ces docks ont été envoyés en pièces et montés au Callao et à Saïgon. Un autre a été remorqué à Surabaya de Java, mais il a coulé, parce qu'on a commis la négligence de l'immerger avant que le bordé ait été rendu complétement étanche.

Le dock de Saïgon a 91m,43 de long, 28m,65 de large et 12m,80 de profondeur; il peut recevoir des navires déplaçant 4 800 tonneaux et tirant 8 mètres. Il pèse 2 800 tonneaux, ce qui lui donne une valeur de plus de 2 millions.

Le dock des Bermudes, construit par MM. Campbell Jonstone, de Woolwich, a été pourvu de façons à l'avant et à l'arrière et a pu être remorqué à destination. Il a les dimensions suivantes :

Longueur. ,	131m,63
Largeur.	33m,53
Profondeur.	16m,15

Il peut recevoir des navires de 10 000 tonneaux de déplacement et de 9 mètres de tirant d'eau. La manœuvre dure une heure et demie. Le dock a coûté 6 500 000 francs.

Citons encore le dock en fer de Carthagène, construit par MM. Rennie. Le gouvernement espagnol, ayant trouvé de grandes difficultés à creuser une forme sèche dans l'arsenal de Carthagène, commanda à ces constructeurs un dock flottant en fer pouvant lever des frégates cuirassées de 5 à 6 000 tonnes. Cet appareil fut étudié d'après le système de M. Gilbert, mais la substitution du fer au bois conduisit à des modifications. Avec le bois, il faut introduire l'eau dans toute la double enveloppe du dock; quelquefois même, on doit ajouter du lest. Avec la tôle, au contraire, quand le caisson inférieur est plein, il faut soutenir le dock à l'aide de la poussée des chambres latérales. Celles-ci sont partagées en compartiments étanches.

Ce dock est placé, à Carthagène, dans un bassin muni d'un bateau-porte, ce qui permet de le visiter et de l'entretenir facilement.

Il fait un service satisfaisant depuis 1866. Le dock en fer a coûté 4 millions.

Un autre dock fut construit par MM. Rennie, pour le Ferrol. Voici les dimensions des deux appareils :

	Carthagène.	Le Ferrol.
Longueur.	98 mètres.	105 mètres.
Largeur.	32 mètres.	32 mètres.
Hauteur.	14m,30.	15 mètres.

M. Delacour, ingénieur des constructions navales, a étudié en 1861 le projet d'un dock flottant pour Bordeaux. Bien que ce projet n'ait pas été exécuté, nous en dirons cependant quelques mots, d'après un article des *Annales des ponts et chaussées*.

Le dock consiste en une grande caisse fermée à ses deux extrémités par des portes d'écluse, à deux vantaux, et garnie de flotteurs étanches. calculés pour le tenir sur l'eau quand les portes sont ouvertes et que l'intérieur est rempli.

Les dimensions principales sont :

Longueur.	100m,50
Largeur.	23m,90
Creux total.	9m,90

La partie inférieure est formée de quatre séries de flotteurs d'une très-puissante solidité. Chaque série est divisée en compartiments par des cloisons étanches. Six séries de flotteurs sont disposées dans les flancs creux du dock. Ils servent surtout à assurer la stabilité. Des caisses placées au couronnement du bassin sont destinées à recevoir de l'eau envoyée par les pompes et à former lest pour mettre le dock au tirant d'eau. Quand le navire est entré, il suffit de vider ces caisses en ouvrant leurs soupapes, pour appliquer très-rapidement la carlingue centrale du dock sous la quille du navire.

Le poids calculé du dock de Bordeaux s'élevait à près de 2 000 tonnes, dont plus des trois quarts de tôles et cornières. On peut juger par là du prix qu'aurait coûté cette construction.

Tous les docks qui viennent d'être énumérés ont sur chaque bord deux murailles latérales continues. Dès 1837, M. Gilbert, frappé de la grande quantité de matière qui entrait dans la construction de ces quatre hautes parois, et considérant que ces murailles creuses ne servaient qu'à assurer la stabilité du système, eut l'idée de les remplacer par des flotteurs latéraux de faible hauteur, toujours maintenus à la surface de l'eau.

C'est dans cet esprit qu'il construisit à cette époque un dock flottant formé de plusieurs tronçons dans le sens de la longueur. Chaque tronçon se compose d'un caisson de fond sur les côtés duquel s'élèvent des charpentes portant des plates-formes et des chambres de machines. Les charpentes ont assez de hauteur pour que les plates-formes et les chambres restent toujours hors de l'eau, même lorsque le caisson de fond est descendu au plus bas de sa course. Des caisses à air sont mobiles le long des bâtis, ou plutôt ces bâtis sont mobiles, verticalement, par rapport aux caisses à air qui restent toujours à la surface de la mer, et ce mouvement vertical est produit à l'aide de crémaillères et de pignons dont les arbres placés dans le sens de la longueur du dock sont commandés par les machines installées dans les chambres supérieures. Ces mêmes arbres commandent aussi des pompes destinées à épuiser le caisson du fond.

Pour caréner un navire, on commence par réunir le nombre voulu de tronçons en les reliant par des entretoises. On ouvre alors des soupapes qui admettent l'eau dans les caissons de fond, et ceux-ci s'enfoncent et descendent par rapport aux coffres à air latéraux, les crémaillères jouant sur leurs pignons. Quand les caissons de fond sont parvenus à la profondeur convenable, on ferme les soupapes ; le navire est amené sur les

caissons, assuré dans sa position entre les charpentes latérales. Les pompes sont mises en action, les caissons munis de supports appropriés s'appliquent sous la quille et les œuvres basses du bateau, puis le soulèvent en montant avec lui. Les coffres à air avec lesquels les deux côtés de chaque caisson restent toujours solidaires à l'aide des crémaillères assurent la stabilité transversale pendant cette opération.

Ces docks ont été reliés avec un système du chemin de fer, de sorte qu'un navire peut être, à l'aide de presses hydrauliques, tiré du dock sur les rails pour y subir les réparations nécessaires, tandis que le dock reste disponible pour lever un autre bateau.

Un grand nombre de sectional-docks en bois ont été construits en Amérique, notamment à San Francisco et à Philadelphie.

Le dock de Philadelphie a neuf sections de 10 mètres de longueur, 32 mètres de largeur et de $3^m,30$ de tirant d'eau, à la charge *maxima*. Elles forment ensemble un appareil de 90 mètres de long et de 32 mètres de large, d'un déplacement total de 5 800 tonneaux et d'une valeur de 1 270 000 francs. Deux machines de 20 chevaux commandent les pompes, et deux machines de 12 chevaux font mouvoir les caissons latéraux.

Plusieurs docks de ce genre n'ont pas réussi et ont coulé avec les navires qu'ils portaient. On cite, entre autres, le dock du Callao, où, pendant la manœuvre d'immersion, quelques-uns des flotteurs latéraux, ayant plus de charge à supporter que les autres, s'enfoncèrent trop vite; le dock s'inclina, la quille du navire quitta ses supports et le navire coula avec le dock lui-même.

D'après M. Bramwell, les échecs subis en Amérique par les sectional-docks sont dus à deux défauts que présentent leurs dispositions et à l'emploi exclusif du bois dans leur construction. L'indépendance des sections fait supporter au navire de grands efforts, et l'absence de cloisons étanches dans les pontons les fait couler quand l'eau s'y déplace brusquement. On remédie aisément à ce second inconvénient en partageant les caissons en compartiments, la tendance au renversement diminuant en raison inverse du carré du nombre des compartiments.

M. Bramwell, qui avait déjà étudié en 1859 pour le gouvernement brésilien un dock flottant à tronçons solidarisés, appliqua ces idées à la construction d'un dock flottant destiné à l'île Saint-Thomas, dans les Indes occidentales. Cet appareil a 90 mètres de long, 30 mètres de largeur extérieure et $21^m,60$ de largeur libre entre les montants latéraux; la profondeur du fond est de $2^m,83$; la hauteur totale de $12^m,68$. Il peut soulever un navire de $7^m,20$ de tirant d'eau, et de 4 060 tonneaux de déplacement; le poids du dock est d'à peu près 3 150 tonnes, ce qui lui donne une valeur d'environ 2 500 000 francs.

Ce dock se compose de deux poutres en treillis longitudinales en charpente de fer, comprenant entre elles six pontons étanches formant

la plate-forme inférieure, et qui sont solidement reliés aux deux formes, tout en pouvant s'en détacher rapidement. Douze coffres flotteurs latéraux sont installés, chacun entre quatre montants verticaux des fermes, de façon à pouvoir se déplacer verticalement par rapport aux pontons. Ce mouvement est réglé pour chaque coffre par trois longues vis verticales dont les têtes portent des pignons coniques que commandent des roues d'angle calées sur un arbre longitudinal.

Chacune des deux poutres principales supporte en son milieu, sur 30 mètres de long, une chambre de machines avec ateliers aux extrémités. Dans chaque chambre, il y a une chaudière tubulaire alimentant deux machines à vapeur qui actionnent les pompes et deux autres machines qui commandent les mouvements des vis verticales.

Les pontons de fond, fortement reliés aux deux poutres longitudinales, deviennent solidaires entre eux, de façon que, suivant la distribution dans le sens de la longueur du poids à soulever, les pontons les moins chargés viennent en aide aux pontons les plus chargés, en leur transmettant, par l'intermédiaire des poutres, une partie de leur pouvoir ascensionnel.

Nous devons dire que ce dock de l'île Saint-Thomas n'a pas réussi et a coulé presque au début de son service. On rapporte que cet accident est dû à une mauvaise rivure, exécutée par les indigènes.

On voit que la pratique des constructeurs de docks flottants est actuellement partagée entre deux systèmes généraux distincts : celui des murailles à bordé continu, sur toute leur hauteur, et celui des flotteurs latéraux mobiles dans cette même hauteur.

Arrivons maintenant au système de dock flottant proposé par M. Janicki. Cet appareil est représenté par les figures de la planche 31.

L'élément caractéristique de cette construction consiste à chasser l'eau du ponton par l'air comprimé au lieu de l'en extraire à l'aide de pompes. Déjà ce procédé a été appliqué à un dock établi à Copenhague, et M. Bramwell avait désiré l'employer pour le dock de Saint-Thomas; mais il craignait de ne pouvoir éviter les échappements brusques de l'air comprimé qui pouvaient faire chavirer le dock.

Le ponton ressemble à un immense caisson de pont enfoncé par le système pneumatique. La paroi inférieure du ponton n'existe plus et les cinq autres parois sont bien plus légères, parce qu'au lieu d'avoir à résister, quand le ponton est à fond, à toute la charge d'eau qui correspond à l'enfoncement, elles n'ont plus à supporter que la différence entre cette charge et la pression de l'air comprimé, soit la charge d'une colonne d'eau au plus égale à la hauteur même du caisson plat.

On conçoit de suite combien ce seul changement va permettre de réduction dans le poids du ponton. Les études comparatives faites par M. Janicki l'ont porté à admettre que cette économie de poids atteignait 40 0/0. La membrure du ponton sans fond inférieur est formée de va-

rangues et de carlingues, c'est-à-dire de poutres transversales et de poutres longitudinales qui répartissent la charge à soulever sur les divers points de la surface horizontale. Les carlingues sont à parois pleines, de façon à partager le ponton dans le sens transversal en plusieurs compartiments étanches, ce qui contribue à la stabilité transversale. La longueur du ponton est aussi divisée en compartiments, ce qui concourt de même à la stabilité longitudinale.

On peut se faire une idée de l'économie que permettra de réaliser l'emploi de ces pontons à air comprimé, en concevant le chaland cloisonné du dock Clarke renversé. L'un et l'autre appareil sont soumis aux mêmes efforts de la part du navire et de la part de l'eau. Or, nous avons dit que les sept chalands du dock Victoria avaient coûté ensemble 1 029 000 francs. Un chaland de 97 mètres de long jaugeant 3 000 tonneaux coûte 270 000 francs. Les membrures sont solides, mais le bordé, au lieu de comporter des tôles de 12 à 15 millimètres, comme dans les docks flottants en général, peut être beaucoup plus mince, puisque son rôle se réduit presque à assurer l'étanchéité.

Lorsque le ponton s'élève dans l'eau, l'air comprimé se dilate, et l'on peut craindre que cette dilatation ne se fasse pas également, et que l'eau, se précipitant aux endroits où la pression baisse le plus, ne produise des mouvements brusques, susceptibles de faire chavirer l'appareil. Il fallait, de plus, éviter que l'air pût jamais s'échapper par-dessous les parois verticales du ponton, longer l'extérieur de ces parois et constituer une colonne d'eau mélangée d'air qui créerait une dépression dangereuse. M. Janicki obtient ce résultat d'une façon très-simple par l'emploi de tubes de sûreté. Des tuyaux ouverts aux deux bouts sont installés dans chacun des compartiments extrêmes, près des parois latérales du dock. Leur base, dont la hauteur peut, d'ailleurs, se régler à volonté, est un peu au-dessus du plan des bords inférieurs des parois latérales. Si, pour une cause quelconque, le niveau de l'eau, dans un des compartiments, s'abaisse près de la paroi extérieure au-dessous de l'ouverture du tube, l'air comprimé s'échappe par celui-ci sans jamais passer sous la paroi extérieure.

A droite et à gauche du ponton courent deux longues fermes en treillis d'une grande hauteur, qui donnent à l'appareil la rigidité convenable, et servent à y relier les caissons latéraux qui procurent au dock sa stabilité. Chaque ferme est double, et présente des montants verticaux qui servent de guides à ces caissons flotteurs.

Ceux-ci restent toujours à la surface de l'eau, tandis que le ponton descend ou remonte. Mais la liaison n'est pas effective, comme dans les docks précédemment décrits, à l'aide de crémaillères, de vis ou d'autres mécanismes mis en mouvement par des moteurs spéciaux, disposition dangereuse et qui semble la cause de plus d'un échec. Les coffres flotteurs sont automobiles, c'est-à-dire que la position relative du ponton et

du système de flotteurs varie automatiquement quand le ponton s'enfonce ou quand il émerge, la force qui produit ce mouvement étant une partie du poids ou une partie de la poussée du ponton inférieur.

Voici comment les mouvements relatifs de chacun des flotteurs, par rapport au ponton, sont rendus solidaires et égaux, de façon que le ponton reste toujours horizontal. Chaque caisson est relié à chacune de ses deux extrémités à une chaîne sans fin s'enroulant sur deux poulies placées, l'une au-dessous du flotteur, sur la traverse inférieure des fermes, l'autre au-dessus de lui, sur la traverse supérieure. La poulie du haut est à empreintes. Il suffit de rendre toutes les poulies du haut solidaires pour que le mouvement relatif de tous les flotteurs soit bien horizontal et bien le même pour tous. A cet effet, les arbres de ces poulies sont reliés, à l'aide de chaînes formant courroies, avec des arbres parallèles placés dans le bas du dock. Il ne s'agit plus que de solidariser les mouvements de rotation de ces deux arbres, de façon qu'ils tournent ensemble d'angles égaux et en sens contraire, ce qui peut se faire par des roues d'angle et des arbres transversaux ou par des chaînes de transmission.

On obtient ainsi que les flotteurs de droite et les flotteurs de gauche s'écartent ou se rapprochent, autant les uns que les autres, des rives latérales du ponton de fond ou, autrement, que ce ponton s'immerge ou s'émerge sans perdre son horizontalité.

La stabilité transversale est ainsi obtenue au même degré que par des murailles creuses d'une épaisseur égale à la largeur des flotteurs, puisque, si le ponton s'incline d'un côté, les flotteurs de ce côté s'enfoncent, et ceux de l'autre bord, obligés par la transmission à conserver leur distance au ponton, s'émergent d'une quantité égale, et qu'il se produit ainsi un couple de forces verticales tendant à redresser l'appareil.

Mais la stabilité longitudinale résulte aussi de ces dispositions, puisque les chaînes des flotteurs sont enroulées sur des poulies dépendant d'un même arbre. Il est vrai que, pour solidariser ainsi les poulies d'un même bord sur toute la longueur du dock, les efforts à transmettre prendraient une grande intensité qui conduirait pour les arbres longitudinaux à des dimensions exagérées. Mais la stabilité longitudinale n'a pas besoin d'être aussi complète que la stabilité transversale, et il n'y a pas d'inconvénient à ce que le dock prenne une certaine inclinaison en longueur, inclinaison qu'on peut toujours combattre en refoulant plus d'air du côté qui tend à baisser. Au lieu donc de relier les poulies sur toute la longueur du dock, on les partage en groupes indépendants de poulies solidaires.

Le dock lui-même peut être partagé en tronçons si l'on veut profiter, comme les Américains, de l'avantage d'adapter la longueur du dock aux dimensions des navires à soulever.

L'air envoyé sous les pontons est comprimé par des pompes. Celles-ci sont mues par une machine à vapeur installée sur un chaland spécial ou sur l'appareil lui-même. L'air est conduit sous les pontons au moyen d'un tuyautage muni d'un clapet de retenue à l'entrée de chaque compartiment.

Pour mettre le dock à même de flotter sans être obligé de refouler constamment de l'air sous le ponton, il n'est pas sans fond dans toute sa largeur; les deux bandes latérales extérieures sont des flotteurs fermés.

Les avantages que M. Janicki espère obtenir, en dehors de l'économie de construction qui résulte de la réduction de poids, sont les suivants :

La manœuvre de l'appareil est plus facile, puisqu'il suffit de refouler de l'air dans les compartiments sans avoir à manœuvrer les flotteurs latéraux à l'aide de machines spéciales. La stabilité, dans le sens transversal et dans le sens de la longueur, est bien assurée par le cloisonnement et la solidarité des flotteurs. Le travail moteur est mieux utilisé, puisque le dock étant plus léger on a moins de poids mort à soulever et qu'on ne refoule que la quantité d'air nécessaire au soulèvement de la charge; tandis que, dans les autres systèmes de docks qu'on allége par épuisement de l'eau, celle-ci est souvent élevée à une hauteur plus grande que la hauteur théoriquement utile. Enfin, la ventilation est meilleure que dans les docks à parois latérales pleines, et, par suite, le séchage des navires en réparation est plus rapide.

Il y a lieu d'espérer que les applications en cours d'étude en ce moment permettront de réaliser les perfectionnements que s'est proposés M. Janicki. Ajoutons que l'on pourra dans ce nouveau type de dock, comme dans quelques-uns de ceux actuellement en usage, interposer, entre le navire à soulever et le ponton qui forme la plate-forme du dock, un chaland capable de supporter le navire, de façon qu'après la manœuvre d'émersion on puisse sortir le navire du dock sur le chaland pour en faire la visite, le nettoyage ou la réparation, et conserver le dock disponible pour lever d'autres navires. De même, on pourra relier ce dock à des chemins de fer pour en augmenter l'utilisation.

Il est à désirer que les avantages économiques de ce nouveau dock flottant permettent de développer l'emploi de ces utiles appareils. Dans l'état actuel, les docks sont encore tellement peu nombreux, que les navires font souvent de très-grands parcours pour se faire réparer, et qu'arrivés au port, ils sont obligés à une longue perte de temps pour attendre que le dock soit libre. Aujourd'hui que la marine à vapeur tend à prendre la place de la marine à voile pour bien des genres de transports, la vitesse des trajets et la bonne utilisation des navires prennent une plus grande importance : or un navire gagnerait souvent un à deux

dixièmes en vitesse si la coque était propre; les fréquents nettoyages deviendraient possibles, si l'opération du carénage était rendu plus rapide et moins coûteuse.

RÉSUMÉ.

On peut résumer, comme suit, ce trop long exposé des moyens employés pour assécher les navires.

Les moyens primitifs sont toujours bons et se recommandent par leur simplicité. Mais ils ne sauraient convenir aux besoins de la navigation moderne.

Les bassins de radoub sont admissibles dans certaines conditions particulières de terrain, mais leur constrution présente souvent de telles difficultés, qu'il ne peut convenir qu'aux finances d'un grand gouvernement d'en mener à bien l'exécution. D'ailleurs les formes sèches ne peuvent assécher qu'un nombre limité de navires, et l'opération dure trop longtemps, surtout si l'on se sert de la marée.

Les cales de halage, avec la même réserve quant à l'utilisation, coûtent peu quand le rivage se prête à une construction sommaire. Ce sont aussi des travaux coûteux et difficiles dans beaucoup de cas. Elles fatiguent les navires.

Le dock hydraulique de Clarke donne une solution plus large du problème. Il convient aux ports très-fréquentés. Les dépenses de construction qu'entraîne l'établissement de ce dock sont élevées; mais s'il peut être utilisé, elles n'ont rien d'excessif en comparaison des services rendus.

Les docks flottants présentent une grande variété, mais les types les plus caractéristiques sont le sectional-dock en bois, et le balance-dock en bois des Américains, les docks en fer de M. John Elder, de M. Campbell Johnstone, de M. Bramwell, de M. Rennie et de M. Janicki.

Il est clair d'abord, que, dans la plupart des cas, il y a lieu de recommander l'emploi du fer. Les Américains continuent à préférer le bois, parce qu'ils l'ont en abondance; mais les docks en bois ont une durée très-limitée et comportent l'emploi d'un cube énorme de matière.

Les docks à tronçons semblent peu sûrs; les docks qu'on pourrait appeler à double enveloppe rendent de bons services et peuvent être remorqués, surtout les docks en V, munis d'un avant et d'un arrière, de M. J. Elder et de M. Campbell Johnstone; mais leur poids et leur prix

sont élevés et, dans les cas où on ne peut pas s'imposer les sacrifices nécessaires, on se trouve conduit à adopter les divers artifices permettant de réduire le poids du métal. On remplace les murailles creuses par des flotteurs mobiles à manœuvre plus ou moins délicate; on emploie l'air comprimé afin de diminuer l'épaisseur des tôles du bordé.

C'est dans cet ordre d'idées que le système, aujourd'hui présenté, nous paraît convenir spécialement aux cas où l'économie est nécessaire pour rendre possible l'installation d'un dock, et également lorsque le dock est établi en vue d'une exploitation commerciale.

Quand il s'agit de pourvoir un port d'un moyen d'assécher les navires, on voit quels nombreux éléments on devra prendre en considération pour choisir parmi des procédés si variés le système qui convient le mieux au cas particulier. Dans cette question, comme dans bien d'autres, il n'y a pas de solution générale.

MÉMOIRE

SUR LES

MINES MÉTALLIQUES DE LA FRANCE

AUTRES QUE LES MINES DE FER

PAR M. ALFRED CAILLAUX.

INTRODUCTION.

LA FRANCE PARAIT DÉPOURVUE DE MÉTAUX. — Si l'on jette un coup d'œil sur le mouvement minéral français, dans le cours de ce siècle, on voit que la production des combustibles et la production du fer sont entrés dans une voie de progrès considérable, tandis que la production en métaux autres que le fer a été pour ainsi dire nulle jusque dans ces dernières années et est encore aujourd'hui presque insignifiante[1].

L'examen des documents qui se rapportent à ces productions diverses semble faire croire que la France soit dépourvue de métaux, et cette idée prend une consistance plus grande lorsque l'on voit que dans l'espace de onze ans, de 1858 à 1868, il a été importé, pour passer à la consommation, une valeur métallique de plus de 800 millions, sans compter la valeur de l'argent et de l'or, de près de 1 400 millions, en tenant compte de l'argent brut et de la valeur des minerais étrangers qui alimentent certaines usines de la France.

Métaux importés de 1858 à 1868 (douanes-commerce spécial) :

161 781	tonnes.	cuivre,
261 930	—	plomb,
2 131	—	mercure,
336 838	—	zinc,
32 158	—	étain,
243	—	nickel,

1. Cette production se chiffre actuellement par 5 à 6 millions par an; en 12 ans, de 1847 à 1858 la production des mines a été de 16 à 17 millions. (*Comptes rendus des Ingénieurs.*)

437	tonnes.	cobalt,
110	—	arsenic,
909	—	antimoine,
2 118 920	kilog.	argent brut,
621 525	—	or brut.

Une pareille situation tend donc à fortifier l'opinion admise par beaucoup de personnes, que les substances minérales autres que le fer et la houille n'existent pour ainsi dire pas sous notre territoire, ou bien que, si elles y existent, elles s'y trouvent dans de telles conditions qu'il ne saurait y avoir aucun avantage à les en extraire.

En présence de faits si écrasants, il serait vraiment superflu de se préoccuper davantage de la question des mines si l'on ne savait que, dans notre pays, il faut désormais douter de tout et scruter toutes les opinions émises, quelle que soit la source d'où elles proviennent, quelque élevée que puisse être la position des hommes qui les ont exprimées.

Laissant donc de côté toute idée préconçue, nous avons fait un grand nombre de recherches, et nous avons bientôt partagé l'opinion des ingénieurs les plus compétents, parmi les ingénieurs de l'État ou parmi les ingénieurs civils, qui admettent que, non-seulement la défaveur qui frappe les mines nationales n'est pas justifiée, mais que la France possède un grand nombre de mines de plomb et argent, cuivre, étain, exploitables aujourd'hui avec avantage.

Nous avons reconnu que la plupart de ces mines avaient été exploitées dans des temps éloignés, et que leur abandon, pour le plus grand nombre d'entre elles, n'est pas dû, comme on l'a dit si souvent, comme on le répète encore, à la découverte de l'Amérique, à l'élévation de la main-d'œuvre ou à l'abaissement du prix des métaux, mais à des causes indépendantes de leur richesse souterraine, et aux malheurs publics.

Nous avons reconnu que la décadence réelle de cette branche si importante de l'industrie minérale, jusqu'aujourd'hui, remonte particulièrement au moment où l'action du pouvoir s'est exercée sur les mines, action qui a laissé perdre toutes les traditions, action qui, sous l'influence d'une puissance centralisatrice croissante, a multiplié les entraves et a créé jusqu'à nos jours, au nom de l'intérêt public et sous des formes législatives diverses, de continuels obstacles à leur développement.

Nous allons essayer de prouver ce que nous avançons en jetant un coup d'œil rapide sur la constitution géologique de la France, sur l'histoire des mines et sur les causes plus directes qui, dans le dix-neuvième siècle, ont réagi sur le travail de ces mines.

Tous nos efforts tendront à jeter quelque lumière sur une question bien peu connue, dont l'importance nous est révélée par les chiffres d'importation que nous avons donnés plus haut.

Tous nos efforts tendront surtout à attirer l'attention des hommes

bonne volonté sur une branche d'industrie qui voit chaque jour se transformer, pour elle, favorablement, les conditions économiques, par le progrès des sciences, par l'expansion de la vapeur et des chemins de fer, par l'introduction de forces et de moyens nouveaux qui lui permettent de pénétrer dans les roches les plus dures ou dans les plus grandes profondeurs, et, enfin, à justifier les mesures élémentaires que nous considérons comme utiles à adopter et que nous indiquerons à la fin de ce travail.

D'ailleurs, après les terribles événements qui viennent de frapper la France, c'est chose sacrée que de rechercher par tous les moyens possibles, même dans les plus minutieux détails, à multiplier le travail et à élargir les sources de la fortune publique.

I

LE SOL DE LA FRANCE, CONSIDÉRÉ GÉOLOGIQUEMENT, PEUT ÊTRE AUSSI MÉTALLIFÈRE QUE LES CONTRÉES QUI L'ENVIRONNENT. — L'examen général de la constitution géologique de la France nous y montre l'existence de toutes ces roches que l'expérience nous indique comme se rattachant de la manière la plus intime aux productions métallifères.

Dans les cinq groupes montagneux qui en forment les principaux reliefs : les Pyrénées, les Alpes, le plateau central, la Bretagne et les Vosges, nous retrouvons, en effet, le granite, la syénite, la leptynite, etc., l'eurite, les porphyres brun, rouge et quartzifère, les ophiolites et leurs variétés, ainsi que les terrains azoïque, silurien et dévonien, qui, sur tous les points de la terre, sont le principal siége des exploitations minérales.

Nous retrouvons ces roches au milieu de contrées alpestres et profondément découpées, et autour d'elles se rencontrent encore de nombreuses sources thermales que l'on considère aujourd'hui comme les représentants actuels des phénomènes qui, dans les périodes géologiques, ont présidé à la formation des gisements minéraux.

Ces terrains et ces roches, y compris le trias, occupent une étendue de plus de 180 000 kilomètres carrés, plus du tiers de la surface de la France, et ils ont la plus grande analogie avec ceux de même âge, de l'Angleterre ou de l'Allemagne.

On y remarque, en outre, dans le Cantal, dans les Pyrénées, dans le Morvan, dans le Gard, l'Ardèche, la Loire, la Creuse, la Haute-Vienne, l'Aveyron, le Tarn, etc., d'immenses filons de quartz qui se redressent, comme autant de puissantes murailles, au-dessus du sol, et suivent quelquefois les inflexions des montagnes sur plus de 10 kilomètres de longueur.

Ces filons quartzeux se retrouvent partout, sur les trois continents, au

sein des contrées véritablement métallifères. Liés intimement aux productions métalliques, ils ne sauraient avoir perdu, chez nous, leur caractère propre; et ils l'ont perdu d'autant moins que, dans quelques départements français, on peut voir autour d'eux des gisements qui, d'après l'auteur de la carte géologique de l'Aveyron, offrent la plus grande analogie avec ceux du Hartz, de l'Oural et de la Suède.

Si, maintenant, on examine cette vaste étendue au point de vue des mines, on voit, d'après la note qui en a été publiée par l'administration en 1846, que cinquante départements renferment plus de 700 gisements ou filons métalliques, et si on parcourt les documents qui s'y rapportent, ou mieux encore si on va visiter les lieux, comme nous l'avons fait pour beaucoup de localités, on en peut compter un nombre infiniment plus considérable sur tout le pourtour des massifs granitiques, dans le sein des terrains schisteux ou de transition, et dans les granites eux-mêmes ou à leur contact.

Nous voyons donc, enfin, ce que l'on pouvait prévoir, et sans entrer dans d'autres considérations faciles à exprimer, que la France paraît snsceptible d'être tout aussi métallifère que les contrées qui l'environnent.

Nous n'aurons plus aucun doute à cet égard quand nous rappellerons les nombreux vestiges d'anciens travaux, abandonnés depuis longtemps, que l'on peut voir disséminés sur les versants ou sur les sommets des montagnes, vestiges dont nous allons donner une idée.

II

LA FRANCE POSSÈDE DE NOMBREUSES MINES QUI ONT ÉTÉ L'OBJET D'EXPLOITATIONS CONSIDÉRABLES. — Nous ne dirons que peu de mots de l'Alsace qui renferme de nombreuses mines d'argent, et où l'on voit, à côté de bien d'autres, une galerie d'écoulement de plus de 8 kilomètres de longueur; mais nous rappellerons les versants des Vosges et de la haute Saône qui appartiennent encore à la France.

Autour du ballon d'Alsace, à la vieille hutte, à Saint-Jean-d'Auxelles, à Château-Lambert, à Lacroix-aux-Mines, à Giromagny, et sur un grand nombre d'autres points, on peut voir encore aujourd'hui d'immenses déblais et des excavations profondes dont quelques-unes devaient se développer sur plus de 3 000 mètres de longueur, dans le sens de la direction.

Dans le centre de la France, dans la Creuse et dans le Limousin, on retrouve les anciens placers aurifères et stannifères gaulois ou gallo-romains, et, dans une multitude de points, on remarque de longues exca-

vations linéaires et des amas de roches que l'on avait toujours considérés comme les ruines de châteaux ou de villes dont les souvenirs étaient perdus ou comme les vestiges de camps de César.

Aujourd'hui, on sait que toutes ces ruines apparentes sont les traces d'anciennes exploitations d'or ou d'étain, et l'on voit un immense croisement de filons stannifères qui traversent de vastes étendues granitiques et principalement l'extrémité des derniers chaînons du Limousin.

Dans la Dordogne et sur tout le pourtour du plateau central, jusqu'en Bretagne, on retrouve les traces de nombreuses exploitations de plomb, plomb et argent, et d'étain, dont les traditions sont perdues.

Dans les Pyrénées, sur les territoires français et espagnol, on peut entrer, encore aujourd'hui, dans de nombreux et immenses travaux qui peuvent remonter aux Carthaginois et se développent sur de grandes étendues.

Dans le Vivarais, on voit les traces de nombreuses excavations, et les déblais accumulés autour de quelques-unes d'entre elles sont encore vernis par le feu dont on se servait anciennement pour l'exploitation et l'abattage de la roche à traverser.

Dans le Lyonnais et le Beaujolais, nous voyons les vestiges des anciennes exploitations que Jacques Cœur, le grand argentier de Charles VII, entretint pendant plus de vingt-cinq ans, qui ne furent arrêtées que par la spoliation dont elles furent l'objet, et les documents qui s'y rapportent nous parlent de longues galeries ou de travaux importants qui y ont été faits.

Dans l'Aveyron, comme dans les Corbières, des amas linéaires de roches amoncelées, qui se poursuivent quelquefois sur 2 et 3 kilomètres de longueur, et de larges dépressions du sol occupant la place d'anciens puits, nous montrent que des exploitations importantes ont été activées dans ces contrées.

Dans les Alpes, à côté d'une foule de travaux de diverses époques, nous retrouvons, au pied des glaciers, les vieilles mines, abandonnées, de cuivre, d'argent et de plomb, de la chaîne des Rousses.

Les déblais existant encore aujourd'hui, auprès des excavations éboulées, les vestiges de routes et de contructions en ruine, indiquent toute l'importance des travaux exécutés jadis en ces lieux.

Enfin, les nombreuses galeries que l'on voit à Saint-Georges-d'Hurtières, au Planais, dans la montagne de Rognat, les traces de vieux travaux dans un grand nombre de points nous montrent que la Savoie a été travaillée activement à diverses époques.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur cette multitude d'anciens travaux disséminés dans nos montagnes, dont nous n'avons donné qu'une idée sommaire.

Nous en avons dit assez pour montrer que de nombreuses mines exis-

tent sous le sol de la France, et que l'argent, l'or, l'étain, le plomb et le cuivre ont été abondamment produits dans des usines oubliées aujourd'hui et dont il ne reste que rarement des traces ou des souvenirs.

A l'exception de deux ou trois points, tous ces travaux sont encore aujourd'hui dans l'abandon. La plus grande obscurité règne sur la plupart d'entre eux; nous ne savons presque rien de ce qui les concerne, et nous ne pouvons les voir sans nous demander comment, depuis soixante ans, dans un siècle de travail comme le nôtre, où les substances métalliques sont devenues de plus en plus l'une des nécessités de la vie, sans nous demander, disons-nous, comment, à l'exception d'un très-petit nombre d'entre eux, ils ont pu rester ainsi ignorés du public. Enfin, nous ne pouvons les voir sans être profondément étonné à la pensée que, depuis soixante ans, il ne s'est trouvé personne en France pour dissiper l'obscurité qui les enveloppe.

Nous allons rechercher maintenant par quel enchaînement de faits ces mines sont parvenues à un anéantissement si complet, et l'examen rapide que nous allons faire de leur histoire, depuis les Gaulois jusqu'à aujourd'hui, nous permettra, je le crois, d'apprécier les causes de leur abandon, de reconnaître que cet abandon n'est dû, pour un grand nombre d'entre elles, ni à la stérilité du sol, ni à leur épuisement, ni aux modifications économiques qui auraient pu résulter de variations dans l'ordre politique ou social, et que de grandes richesses minières existent encore aujourd'hui dans leurs profondeurs.

III

GAULE INDÉPENDANTE. — TRAVAUX SUPERFICIELS. — ENFANCE DE L'ART. — Nous n'avons que peu de mots à dire des Gaulois, au temps de la Gaule indépendante. Ils recherchaient particulièrement l'or qu'ils trouvaient dans les sables du Rhin, au pied des Pyrénées, dans les Alpes et dans le centre de la France.

Inventeurs de l'étamage et du placage du cuivre avec l'argent, ils extrayaient l'étain, le cuivre et l'argent du sein de la terre. Les médailles ou les débris d'ustensiles de leur époque, que l'on a trouvés dans le Rouergue et dans le Limousin, ne laissent aucun doute à cet égard; mais, dépourvues de routes, de machines et de moyens d'épuisement, leurs mines ne devaient consister, suivant toute apparence, qu'en travaux à ciel ouvert, établis sur la crête des filons, ou en boyaux étroits, suivant le minerai riche et massif, de proche en proche, et abandonnés aussitôt qu'une première difficulté venait à être rencontrée; leurs travaux, comme ceux des Finnois, dans l'Oural, quelques-uns des Étrusques,

ou ceux de peuplades inconnues, que l'on a retrouvés autour du Lac supérieur, aux États-Unis, ne durent avoir que peu d'extension en profondeur, et n'enlevèrent que peu de chose à la richesse des gisements sur lesquels ils étaient établis.

ROMAINS. — TRAVAUX PLUS ÉTENDUS, MAIS LA OU IL Y AVAIT PEU OU PAS D'EAU. — INVASION DES BARBARES. — TEMPS DE CHARLEMAGNE. — Les Gaules avaient une grande réputation de richesse, particulièrement au point de vue de l'or, quand les Romains en firent la conquête. Ils apportaient une civilisation très-avancée; ils y créèrent des édifices d'une splendeur remarquable, des routes et des voies somptueuses, et pendant près de quatre siècles le commerce et l'industrie, sous l'influence d'une organisation puissante, purent acquérir un développement inconnu jusqu'alors.

Les mines furent exploitées avec une grande activité, si l'on en juge par la grandeur des excavations qu'on leur attribue, dans les Pyrénées, dans le centre de la France et dans les Alpes, et, suivant toute apparence, il existait des fonderies impériales, ainsi que semblent l'indiquer deux saumons de plomb portant l'empreinte de Septime Sévère que l'on voit à Châlons-sur-Saône et à Rouen.

Mais les Romains, comme les Grecs, chez qui ils avaient puisé, à l'origine, les règlements et les coutumes civiles, professaient une sorte de mépris pour les arts mécaniques et pour les travaux manuels. Ces travaux et ces arts étaient considérés comme indignes de l'homme libre et ils n'étaient exécutés que par des esclaves.

L'exploitation des mines, encore plus méprisée, était donnée à forfait, comme la perception des impôts, aux *publicains*, qui n'y employaient que des malfaiteurs condamnés à des peines infamantes, ou ces mêmes esclaves pour lesquels on était habitué, à Rome, à méconnaître les lois et les droits de l'humanité.

Jamais le travail de l'esclave n'a valu le travail de l'homme libre, ainsi que le dit Montesquieu; et ceux qui connaissent tous les caprices des productions métalliques au sein de la terre, toutes les irrégularités de leurs veines au travers des couches, les amincissements presque imperceptibles de leur richesse au travers des roches stériles, tout le soin et toute l'attention qu'il faut apporter pour retrouver le filon perdu; ceux qui savent l'imperfection des moyens d'épuisement dont on disposait dans ces temps reculés, admettront sans hésitation que les montagnes pouvaient être pourfendues à force de sueur, mais que, dans ces conditions, il était impossible que les mines fussent convenablement exploitées et suffisamment recherchées souterrainement.

C'est pour cette raison toute naturelle que si, d'un côté, nous admirons la perspicacité des anciens à découvrir les gisements métalliques, nous sommes en droit de croire, d'autre part, que leurs travaux sont

restés dans les limites de l'enfance de l'art, que ces travaux ont pu acquérir une grande extension là où l'eau était peu abondante, tant que les esclaves suffisaient à son épuisement, et qu'ils devaient conserver de grandes richesses encore pour les générations futures, lorsque, dans le IVe siècle, les Barbares apparurent sur le sol de la Gaule.

Ce fut le commencement d'immenses calamités et d'immenses désastres. Les invasions continuèrent jusqu'au règne de Charlemagne; les campagnes furent la proie des Barbares, et la plupart des mines de la France durent être nécessairement abandonnées, non à cause de leur peu de richesse, mais à cause des troubles incessants.

Sans nous étendre davantage sur cette période de notre histoire, il est facile de conclure que les mines eurent en France des temps d'une prospérité relative, avant et pendant la domination romaine, que ces mines durent être abandonnées peu à peu à partir du IVe siècle, presque entièrement dans le Ve, par suite des calamités qui enveloppaient le pays tout entier, et ne posséder qu'une bien faible activité sous la domination des rois mérovingiens.

D'après Gobet, qui collectionna en 1779 les œuvres des anciens minéralogistes de la France, « le siècle de Charlemagne fut une époque célèbre pour l'exploitation des mines en France et en Allemagne. »

Nous ignorons ce qui s'est passé à cette époque, mais l'ordre que l'on admire dans les capitulaires de l'empereur, la sécurité rétablie dans la majeure partie de l'Europe, le progrès des sciences et des lettres donnent lieu de croire que les mines purent être en effet reprises; mais après le démembrement de l'empire, nous voyons renaître et persister, pendant près de deux siècles, l'anarchie au milieu d'un ensemble d'ignorance, de rudesse et de superstition qui étaient loin de favoriser le mouvement de l'industrie et particulièrement celui de l'industrie minérale.

Pourtant quelques mines purent vraisemblablement subsister; les Sarrasins, refoulés dans les Alpes, purent en extraire le cuivre et l'argent pendant le IXe et le Xe siècle; mais c'est véritablement à partir de la fin de ce dernier et particulièrement du XIe que commence pour la France et l'Allemagne, et même pour l'Europe entière, une véritable période d'exploitation des mines, qui persista, d'après les historiens, jusque dans le courant du XIIIe siècle; cette période est précisément celle du moyen âge qui paraît avoir été, chez nous, une période d'une très-grande activité, ainsi que nous allons le voir.

IV

MOYEN AGE. — PÉRIODE DE TRAVAIL CONSIDÉRABLE POUR LES MINES. — Les siècles, comprenant le moyen âge, qui suivirent le démembrement de l'empire de Charlemagne, nous apparaissent, d'après ce que l'on nous a enseigné, comme des siècles d'anarchie, de désordre et d'obscurantisme; mais pour peu que l'on veuille y réfléchir, on arrive à reconnaître que, dès le commencement du XIe siècle, à partir de la trêve de Dieu et de l'institution de la paix, et malgré bien des agitations, cette époque fut, dans l'ensemble, au dire de Montesquieu lui-même, une époque d'immense travail, de progrès et de liberté.

Un mouvement considérable s'était produit dans les esprits; jamais la nation n'avait montré plus de vie, et après de longues années de trouble, qu'avait momentanément interrompues le règne de Charlemagne, le progrès matériel et social reprenait sa marche et se manifestait par l'exécution de grands travaux sur la plus grande partie de la surface de l'Europe.

C'est ainsi qu'on vit s'opérer en France le grand défrichement du XIIe siècle et s'élever partout, sous l'influence de l'exaltation de la foi, de majestueuses cathédrales où travaillait toute une légion de maîtres ès œuvres, tels que Jehan de Chelles, qui étaient autant d'éminents artistes.

Les moines étaient devenus industriels, agriculteurs et métallurgistes, et nous pouvons admirer encore aujourd'hui les savants et les sages de cette époque, tels que Abailard, l'un des plus grands savants qu'ait eus le monde, Suger, saint Bernard, Albert le Grand, l'Anglais Roger Bacon et tant d'autres

Les mines subirent l'influence de ce mouvement qui s'était répandu dans toute l'Europe; leur reprise presque générale, qui répondait aux besoins de l'époque, était particulièrement favorisée par la division de la France en souverainetés féodales, où chaque souverain avait intérêt à leur exploitation.

Aussi les documents historiques nous montrent de nombreuses mines ouvertes pendant les XIe et XIIe siècles, dans les Vosges, dans le Béarn, dans les Pyrénées, dans l'Auvergne, dans le Forez, le Vivarais, les Alpes, le Rouergue et le Gévaudan; les rois de Navarre, les dauphins, les comtes de Foix, de Toulouse, du Forez, l'évêque de Viviers, etc., y prélevaient des redevances importantes.

La plupart de ces travaux furent suspendus en France et en Allemagne vers la fin du XIIIe siècle.

Suivant toute apparence, les mines étaient travaillées par des corpo-

rations dans lesquelles les ouvriers participaient aux bénéfices des entreprises, ainsi que cela existait dans celles des Républiques italiennes, ainsi que cela eut lieu encore aux mines de Chitry, en France, ouvertes dans le xve siècle.

Ces corporations, nées sous un régime libre, qui n'avaient pas encore été altérées par les abus et les oppressions des maîtrises, payaient des redevances aux seigneurs féodaux.

Ces redevances se prélevaient en nature et elles étaient généralement très-fortes; elles s'élevaient dans quelques cas jusqu'à 20 0/0 du produit brut, comme cela résulte d'une lettre de Philippe le Bel, écrite en 1298 à son sénéchal du Rouergue, lettre que nous retrouvons dans Champollion-Figeac, et elles descendaient rarement au-dessous de dix.

Pendant cette même période, le prix de l'argent[1], qui dut exercer une grande influence sur les mines argentifères, nombreuses en France, s'était maintenu de 324 à 360 francs, entre les années 1100 et 1265, et ne valait plus que 228 à 258 francs, à la fin du xvie siècle.

On comprend donc facilement, d'après ce que nous avons dit plus haut, comment à cette dernière époque un grand nombre de mines d'argent de l'Europe, et particulièrement quelques-unes de la France, dans les Pyrénées, dans le Rouergue, dans l'Alsace et ailleurs, purent être abandonnées faute de bénéfices.

Garrault, le général maître des monnaies sous Henri III, qui écrivait en 1579, attribue l'abandon des mines, à cette époque, à l'abondance des eaux, au mauvais air dans les mines, à l'avidité des seigneurs. Cette opinion paraît très-vraisemblable, car au moment où tout cela se passait, l'exploitation des mines se faisait par l'application du feu; les galeries d'écoulement, à de rares exceptions près, étaient généralement inconnues, et l'on dut avoir à lutter, avec le temps, contre des difficultés toujours croissantes d'épuisement et d'aérage que l'imperfection des moyens dont on disposait alors pouvait rendre insurmontables. De plus, les redevances à payer aux seigneurs pesant toujours d'un poids plus lourd, le prix de l'argent diminuant lui-même dans de fortes proportions[2], il dut nécessairement arriver un moment où la plupart des mines durent être abandonnées, non pas comme dépourvues de minerais dans les profondeurs, mais parce que les charges de leur exploitation étaient devenues trop grandes.

Néanmoins, malgré ces circonstances défavorables nous voyons, d'après

1. Ce prix est calculé, sans tenir compte du pouvoir de l'argent, et en estimant sa valeur poids pour poids, comparée à celle d'une même unité d'or pur au prix actuel. Il ne saurait être absolu, car on éprouve d'immenses difficultés à établir les comparaisons des poids et mesures entre ces temps éloignés et les temps présents ; mais les chiffres que nous donnons, bien qu'approximatifs, établis d'après les auteurs du temps ou ceux du xviiie siècle, suffisent pour établir les fluctuations de la valeur de l'argent.

2. Cette fluctuation des prix de l'argent, à cette époque, paraît pouvoir s'expliquer facile-

la lettre de Philippe le Bel, citée plus haut, que des mines existaient encore à la fin du XIII[e] siècle, malgré la dépréciation de l'argent ; et nous savons que, si de nombreuses mines restèrent dans l'abandon, d'autres furent encore reprises en France dans le XIV[e] et le XV[e] siècle, quoique la valeur de l'argent se fût abaissée à 228 francs le kilogramme au commencement du XIV[e] siècle, à 178 francs vers 1400, pour se relever à 240 francs vers la fin du XV[e].

Nous retrouvons quelques-unes de ces mines dans les Corbières, en 1316, dans le Gévaudan, dans le Lyonnais, le Beaujolais et la Savoie, en 1334, 1390, avant et après 1450.

Les Anglais avaient aussi exploité les gisements du Rouergue, et, vers 1492, nous voyons s'ouvrir dans le Morvan les mines d'argent de Chitry qui donnèrent lieu à de nombreuses lettres royales jusque vers 1554.

Pendant cette dernière période, la France avait subi de terribles épreuves ; on avait eu à supporter la guerre de Cent ans, ou les luttes pour l'indépendance du territoire et la jacquerie ; l'Auvergne, le Limousin et le Poitou avaient été ravagés, et le Languedoc, qui avait déjà subi la guerre des Albigeois, s'était dépeuplé dans l'espace de trente ans sous le poids des impôts excessifs, des pestes et de la mortalité.

Le commerce avait éprouvé les plus funestes atteintes par l'altération des monnaies, qui avait eu lieu vingt-quatre fois dans le XIV[e] siècle, neuf fois dans le XV[e], et, après les grands désastres financiers et l'immense crise commerciale qui avaient frappé les principaux banquiers de l'Europe au milieu du XIV[e] siècle, on ne pouvait trouver d'argent qu'au taux de 30 et 40 0/0.

Nous voyons donc que les mines de la France ont été mises en grande activité pendant le moyen âge, qu'elles ont été suspendues, pour la plupart, comme celles de l'Allemagne, par suite de l'imperfection des moyens et des charges qui pesaient sur elles, et que, malgré la dépréciation de l'argent, malgré le taux élevé du change, quand on pouvait croire qu'elles allaient être toutes abandonnées, quelques-unes d'entre elles subsistèrent encore, et de nouvelles mines furent ouvertes dans des intervalles de paix ou de calme, au milieu des grandes agitations du XIV[e] et du XV[e] siècle, et malgré ces agitations.

ment par les souvenirs historiques. — La richesse consistait alors uniquement dans la possession du métal ; on n'avait probablement pas, comme aujourd'hui, les ressources du crédit et du papier. — Les grands travaux entrepris partout et les expéditions vers l'Orient faisaient rechercher l'argent dont le prix, suivant les exigences de l'offre et de la demande, devait s'élever ; — à la fin du XIII[e] siècle et après les Croisades, les ports du Levant étaient fermés, les exportations ne se faisaient plus et l'argent devenait plus abondant ; son prix devait s'abaisser, — c'est ce qui eut lieu bien avant la découverte de l'Amérique.

V

XVIe ET XVIIe SIÈCLE. — REPRISE ACTIVE DES MINES EN EUROPE. — PROGRÈS DANS L'ART DES MINES. — Au commencement du XVIe siècle, l'Europe venait d'apprendre avec étonnement la découverte de l'Amérique. Les récits que l'on faisait de ces nouvelles contrées étaient merveilleux, et tout faisait présager l'arrivage prochain de métaux précieux dont l'abondance allait altérer le cours des prix de toutes choses et modifier l'existence matérielle des populations.

Telles étaient les craintes ; mais l'interprétation de ces craintes était plus spécieuse que réelle, car d'autres causes beaucoup plus générales avaient, depuis longtemps, modifié le cours des prix et abaissé le pouvoir de l'argent.

Néanmoins, on pouvait croire que les capitaux allaient s'éloigner entièrement des entreprises de mines.

Il en fut tout autrement ; il semble, au contraire, que la découverte de l'Amérique eut pour effet de raviver les souvenirs relativement aux mines de l'Europe. Malgré le bas prix de l'argent, qui atteignait à peine 200 francs le kilogramme, un grand nombre des mines du moyen âge, reprises et abandonnées plusieurs fois depuis longtemps, furent de nouveau remises en activité dans la première moitié du XVIe siècle, en Allemagne, en Suède, en Alsace, dans la Lorraine, dans la Franche-Comté, dans le centre de la France, dans le Rouergue, etc. En 1536, on construisait un hôtel des monnaies à Villefranche, dans l'Aveyron.

C'était le moment de la renaissance des arts, nouvelle époque de grandeur et de magnificence où brillaient d'un grand éclat des hommes tels que Adam de Crapone, Bernard Palissy, Jean Goujon, Philibert Delorme, Germain Pilon, etc.

Ce fut aussi pour les mines, en général, une remarquable époque, puisque ce fut alors, au dire de Sébastien Munster, qui écrivait en 1550, que l'on mit en application les grandes galeries d'écoulement dont on n'avait conçu l'exécution que dans le cours du siècle précédent, et qu'on en généralisa l'emploi.

C'était un immense progrès dans l'art des mines, qui permettait d'utiliser désormais des richesses que les difficultés du travail antérieur avaient rendues improductives et que l'on avait dû abandonner.

Enfin, au commencement du XVIe siècle, l'avenir était plein de promesses heureuses ; mais, sous la dynastie des Valois, les plus grands malheurs allaient fondre sur la France, et l'explosion des guerres religieuses allait déchaîner sur ce malheureux pays toutes les fureurs et renouveler les ruines effroyables des guerres des Anglais.

Au moment de la Saint-Barthélemy, les mineurs du Rouergue, et sans doute beaucoup d'autres, perdirent la vie dans ces massacres qui durèrent plus de deux mois, et en 1579, d'après Garrault, il n'y avait plus de mines d'argent en France. L'industrie minérale était anéantie.

Seules, les mines de l'Alsace qui appartenaient à l'Allemagne, dans lesquelles étaient intéressés les ducs d'Autriche, celles de la Lorraine qui, ainsi que les deux provinces voisines, ne devait, que plus tard, concourir à l'unité antique de la Gaule, et celles de la Franche-Comté, où les rois d'Espagne entretenaient des amodiataires, purent échapper à tous ces désastres. De grands travaux y furent mis paisiblement à exécution; le plomb, le cuivre, l'argent y coulèrent abondamment, et dans la première de ces contrées on comptait, alors, plus de 3 000 ouvriers mineurs.

Malheureusement, presque toutes ces mines durent subir aussi l'influence des événements et le sort des mines françaises. De 1633 à 1638, après plus de cent ans de travail continu, elles furent pour la plupart dévastées, comme un grand nombre de mines d'Allemagne, en Saxe, et ailleurs, pendant la guerre de Trente ans; les mineurs se dispersèrent et les établissements furent abandonnés à la suite de plusieurs années de combats ou d'occupation militaire.

Ces mines passèrent alors sous la domination française; mais, pendant que le plus grand nombre de celles de l'Allemagne qui, comme elles, avaient éprouvé les rigueurs de la guerre, soumises à un régime législatif intelligent, reprenaient leur essor, elles n'ont pas retrouvé leur ancienne activité, et depuis le XVIIe siècle, jusqu'à l'année 1870, elles sont restées dans un état d'abandon presque complet.

XVIIe SIÈCLE. — Pendant tout le XVIIe siècle, à l'exception des mines de l'Alsace, de la Lorraine et de la Franche-Comté dont nous venons de parler, il n'y eut pour ainsi dire pas d'autres mines en France que les mines de fer. Henri IV avait tenté de remettre en exploitation les mines des Pyrénées, et probablement ces mêmes mines dont on avait déjà perdu le souvenir, qui, dans le moyen âge, avaient enrichi les comtes de Foix. Il y avait envoyé Malus, maître des monnaies de Bordeaux, mais sa mort empêcha l'exécution de ses projets.

Pendant le règne de Louis XIII, l'industrie nationale était éteinte; tout venait de l'étranger et les mines restèrent dans un abandon presque absolu, ou dans l'état le plus déplorable, malgré les travaux de deux mineurs intelligents, le baron et la baronne de Beausoleil, qui dépensèrent en recherches des sommes considérables et ne trouvèrent auprès de Richelieu d'autre récompense de leurs nobles efforts que la misère et la mort, l'un à la Bastille et l'autre au château de Vincennes.

Le règne de Louis XIV fut tout aussi triste pour l'industrie minérale. Colbert, particulièrement occupé à créer les manufactures de la France et à relever les finances dissipées, mourut en 1683, sans avoir eu le

temps de porter plus activement son attention sur le développement des mines.

Si quelques concessions ont été données pendant la durée de ce long règne, nous voyons, d'une manière certaine, par les mémoires des intendants, recueillis par Boulainvilliers, et exécutés par ordre du roi pour l'instruction du duc de Bourgogne, que vers 1698 et 1704, c'est-à-dire à la fin du XVII[e] siècle, il n'existait que quatre ou cinq mines dans toute l'étendue du royaume[1] : trois de cuivre, dans le Midi, et quelques travaux de peu d'importance dans l'Alsace et le Haut-Rhin.

Toutes les autres étaient complétement oubliées; toutes ces mines

---

1. Extrait des Mémoires des intendants (1698-1704).

— État des mines métalliques autres que le fer à la fin du XVII[e] siècle.

Province du Dauphiné (1699). Une mine de plomb aux environs d'Allevard. — Il a été ouvert une mine à Largentière, sur la Durance, dont le travail a cessé à cause du peu de mine que l'on en retirait.

(Cette mine a été reprise depuis quelques années; elle a abondamment fourni du minerai expédié à Marseille. — La continuation de la richesse métallique y a été reconnue en profondeur et elle attend l'achèvement d'une galerie d'écoulement, pour être dans une situation prospère.)

Généralité de Lyon (1698). Il y a des mines métalliques, mais aucune n'est travaillée, soit parce qu'elles ne sont pas assez abondantes ni assez aisées pour être travaillées avec succès, soit parce que les conditions sous lesquelles ces sortes d'entreprises se poursuivent sont trop onéreuses aux entrepreneurs.

A Chessy et à Saint-Bel, il y a du vitriol et du cuivre.

On ne peut douter qu'il n'y ait eu autrefois des mines dans le Beaujolais, et qu'elles n'y fussent de quelque considération, puisque l'on voit sur d'anciens états conservés dans le trésor des titres à Villefranche que les seigneurs de Beaujeu avaient des officiers sous le titre de garde des mines. On avait seulement continué l'exploitation d'une mine de couperose dans la montagne de Vautorte; elle a cessé depuis sept à huit ans, ce qu'on attribue tant à la mésintelligence des entrepreneurs qu'à la rareté des gros bois nécessaires pour ces travaux, à la difficulté des transports, à la rudesse extrême du pays.

(Nous voyons que l'intendant avait complétement perdu de vue les exploitations de Jacques Cœur, les grands travaux qui y avaient été commencés, leur importance et la spoliation dont elles avaient été l'objet. En 1870, exploitation importante à Saint-Bel.) Les mines de Jacques Cœur ont été reconnues par un ingénieur civil, M. Poyet. Elles n'ont été pour la plupart ni recherchées ni exploitées depuis quatre siècles.

Généralité de Montauban, 1699.

Élection de Villefranche (Aveyron). — Les registres de l'hôtel de ville de Villefranche font foi qu'il y a eu des mines d'argent dans les environs. La tradition est qu'on y a travaillé jusqu'à la fin du dernier siècle, sans qu'on puisse dire pourquoi ce travail a cessé.

(En 1870, l'une de ces mines est en pleine activité, et est destinée à donner lieu à une production importante d'argent. Nous savons aujourd'hui que les mines dont parle l'intendant ont été suspendues par suite des massacres de la Saint-Barthélemy.)

Des mines de cuivre ont été ouvertes par ordre du roi en 1672 et 1673 vers Najac, Corbières et la Guépie, on y extrait actuellement de la mine.

Élection de Rodez. — Une mine d'azur sans travail.

d'étain, de plomb, d'argent, de cuivre, qui, dans tous les groupes montagneux de la France, avaient été si actives au temps des Gaulois, des Romains et du moyen âge, étaient déjà perdues dans les broussailles et ne présentaient plus qu'un amas de ruines accumulées, pour les unes, depuis plus de soixante ans, depuis un ou plusieurs siècles, pour les autres.

Pendant cette dernière et longue période, qui fut celle du grand roi, on ne peut pas dire que les mines restèrent dans l'abandon à cause du prix élevé de la main-d'œuvre ou du bas prix des métaux. Rien ne serait plus faux.

Élection de Foix. — Des mines d'argent ont été abandonnées il y a peu de temps, parce que les veines n'étaient que de petits filons épars et qui ne se suivaient pas.

(En 1869, *on tire des quantités importantes de minerais de plomb et d'argent des montagnes de l'Ariége.*)

Généralité d'Orléans, 1698.

Élection de Vézelay. — On a opinion dans le pays qu'il y a des mines de plomb, cuivre et argent.

(*C'est évidemment la tradition qui rappelle les exploitations abandonnées du Morvan, à Chitry, Clamecy, Montceau.*)

Généralité de Riom, 1698.

On a prétendu qu'il y avait une mine d'argent à Pontgibaud, mais que la dépense excéderait de beaucoup le profit; feu M. le duc de Lude, seigneur de cette petite ville, l'ayant fait ouvrir, l'abandonna pour cette raison.

(*Ces mines ont été, en effet, exploitées par les Romains, reprises à diverses époques, et elles sont, aujourd'hui, en* 1870, *en pleine activité; en* 1868, *on en a extrait plus de* 6 000 *kilos d'argent.*)

Province d'Alsace, 1697.

Il y a dans la Haute-Alsace des mines d'argent, de cuivre, de plomb et de fer. Dans certains cantons les mines d'argent et de cuivre sont mêlées et se trouvent à Giromagny et au Puix, elles appartiennent à M. le duc de Mazarin à cause du comté de Belfort.

Le duc n'en tire que 5 ou 6 000 livres de rente.

Il n'y a présentement que deux mines d'argent dans ce canton : l'une appelée *Saint-Pierre*, l'autre *Pheningtorhn*, toutes les autres sont abandonnées.

Dans le canton de Giromagny il y avait, en 1683, une mine d'argent et de cuivre qui a été abondante avant la guerre, elle est aujourd'hui remplie d'eau et de rochers et l'on ne peut y rentrer.

Il y a dans le val Saint-Amarin, à Saint-Nicolas, au village de Steinback près de Cernay, au val de Sainte-Marie, au val de Munster, des mines d'argent, cuivre, plomb, qui ont été abandonnées après la guerre et dont les titres ont été perdus.

(*Un très-grand nombre de documents, tant allemands que français, relatifs à ces mines, ont été recueillis, vers* 1860, *dans les archives de Colmar par MM. Kœchlin et Delbos, et publiés par eux dans leur géologie du Haut-Rhin.*)

Cependant on travaille depuis quelque temps à la mine de Steinback et dans le val de Munster.

Il est sans doute que la guerre a été jusqu'à présent un grand obstacle dans la province, parce qu'outre que le commerce y a été interrompu, ce qu'il y avait de bons ouvriers a été

Si on étudie les conditions économiques et sociales de ces temps malheureux, d'après les historiens de l'époque et particulièrement d'après les nombreux et consciencieux travaux de M. Moreau de Jonnès, on voit qu'au-dessous des splendeurs de Versailles se trouvait la plus épouvantable misère ; jamais, pendant tant d'années, le peuple n'avait été soumis à de plus cruelles épreuves ; jamais, je le crois, la main-d'œuvre n'avait été plus basse. Les populations ouvrières, décimées par les disettes et les famines périodiques, gagnaient à peine et souvent ne gagnaient pas le pain nécessaire à leur subsistance. Le prix des métaux n'avait pas sensiblement varié, et, par conséquent, c'est à d'autres causes qu'il faut attribuer l'anéantissement de l'industrie minérale, autre que l'industrie du fer, à cette époque.

Ces causes se retrouvent toutes dans les malheurs des temps, sur lesquels je ne veux pas m'étendre, et particulièrement dans l'action administrative.

Cette action commence à s'exercer, ainsi que nous allons le voir tout à l'heure, vers la fin du XV[e] siècle, au moment où s'éteignaient toutes les vieilles libertés de l'Europe.

A partir de cette époque, le pouvoir monarchique et la centralisation vont dominer un nouvel ordre social ; l'industrie minérale, comme tout ce qui se rattache à la fortune publique, va être désormais soumise à une administration, qui sera pendant bien longtemps arbitraire, et les mines, pendant plusieurs siècles, vont être, en France, considérées comme faisant partie du domaine royal.

Ce sera le commencement de leur abandon et le commencement de l'oubli de leurs traditions.

Pendant le même temps, les mines étrangères resteront oubliées et

---

dispersé à cause des quartiers d'hiver, des milices et des fréquents passages des gens de guerre.

Lorraine, 1704.

A Sainte-Marie-aux-Mines, au village de Lacroix, il y a des mines d'argent, on y travaillait quand le duc est sorti de ses États en 1670.

Depuis ce temps, les fermiers du roi, dans le bail desquels étaient comprises ces mines, ont négligé d'y faire travailler, parce qu'apparemment ils n'y trouvaient pas leur compte. En effet, la mine n'était pas abondante et le travail coûtait plus que le profit qu'on en retirait.

(*Néanmoins on y avait travaillé pendant plus d'un siècle, on y avait fait des travaux immenses, apparemment parce qu'ils étaient productifs.*

Évêché de Quimper, 1698. — Il y a une mine de plomb qui est celle de Carnot, ouverte depuis quelques années et assez abondante, si les personnes qui en ont le droit étaient en état d'y faire la dépense qui conviendrait ; c'est la seule qui soit en Bretagne.

(*Cette mine se trouve dans la concession de Poullaouen, d'où l'on a tiré pendant longtemps des bénéfices importants, et suspendue depuis peu d'années. Mais cette concession renferme plusieurs autres filons travaillés anciennement et sur lesquels il n'a jamais été fait de travaux sérieux depuis cette époque.*)

Espagne et en Sardaigne, comme en France, sous l'influence d'une législation écrasante, et, malgré la fluctuation du prix des métaux, malgré les variations de la main-d'œuvre, dont on a si souvent parlé, elles seront remises en activité en Allemagne, où le prix de la main-d'œuvre se maintient assez bas, en Angleterre, où il s'élève sans cesse, et, dans ces deux pays, leur fortune ira croissante avec l'accroissement du développements des travaux et la multiplicité des découvertes, parce qu'elles auront, ici toute la liberté d'action, et là une protection pratique, sage et éclairée.

Sans nous étendre davantage sur ce sujet, et avant de poursuivre l'examen du travail des mines dans les temps qui vont suivre, voyons rapidement en quoi consistait l'action administrative dont nous venons de parler.

VI

ACTION ADMINISTRATIVE. — Pour étudier l'action administrative, nous nous reporterons au commencement du xve siècle, sans remonter plus haut; car, ainsi que l'ont fait remarquer les écrivains qui ont traité la question, il ne paraît pas que le gouvernement français se soit occupé de mines avant cette époque.

C'est alors que parut l'ordonnance de Charles VI, de 1413, renouvelée en 1437, 1483, 1498, 1515, 1543, dans lesquelles nous voyons les rois prétendre à la possession du dixième du produit brut des mines dont avaient joui et dont continuèrent à jouir, plus ou moins, jusqu'en 1548, les seigneurs, tant d'église que séculiers, possesseurs de la terre.

En 1471, parut l'ordonnance de Louis XI, où l'on osa affirmer pour le roi le droit de disposer de la propriété d'autrui.

On se ferait, très-probablement, d'étranges illusions, si l'on supposait que ces ordonnances diverses ont été faites dans un but d'intérêt public. Elles n'avaient réellement qu'un but fiscal et n'étaient autre chose que la continuation de la lutte existant entre les seigneurs et la royauté, lutte qui se termina par l'élévation de la royauté sur les ruines de la puissance féodale.

La seconde ordonnance, celle de Louis XI, fut remarquable, en ce qu'elle servit, pour ainsi dire, de point de départ à la législation qui régit aujourd'hui les mines en France, mais elle le fut principalement en ce qu'elle servit de point d'appui aux ordonnances royales suivantes, qui mirent toutes les mines sous la dépendance de l'État.

Bien peu de temps après 1471, en 1548, cette absorption était faite au nom de l'intérêt public, et, à ce moment, Henri II put conférer à une seule personne, avec le titre de surintendant et le don du dixième, le

droit exorbitant, mais temporaire, de chercher et exploiter « toutes mines dans ce royaume de France. ».

Ce surintendant, comme tous ceux qui le suivirent, jusqu'aux édits de Louis XV, de 1739 et 1744, qui supprimaient tous les offices de mines, soumettaient ces mines à un conseil et réduisaient le dixième au quarantième pur et affiné, particulièrement occupés à percevoir le dixième des mines de fer et autres en activité, ne firent que multiplier les entraves pour l'exploitation et la recherche des mines; ils ne firent rien par eux-mêmes, et tous les écrivains les ont considérés comme de petits tyrans qui n'étaient mus que par des sentiments d'ambition, d'intrigue et de cupidité.

On voit donc que cette action administrative, unie aux malheurs des temps, explique suffisamment l'anéantissement de l'industrie minérale depuis la fin du XV[e] siècle jusque dans le courant du XVIII[e].

Cette interprétation est généralement admise, et elle fut déjà donnée en 1789, par un avocat du parlement, M. Drevier de Breuilly, qui résume, ainsi qu'il suit, toute cette action de 1300 à 1789 :

1° De 1300 à 1548. — Liberté absolue d'exploiter les mines. Les rois se bornent à protéger les ouvriers et extracteurs, et ne demandent à ces mines que le dixième qu'exigeaient les Romains pour le fisc.

2° 1548 à 1601. — De Henri II à Henri IV. — Les rois usent des mines comme de leur domaine; on passe de la liberté absolue à un privilège exclusif.

3° 1601 à 1722. — Ne diffère de la précédente qu'en ce qu'on ne donne pas de concession générale, mais il fallait dépendre des pouvoirs d'un grand maître et de ses officiers. On étendit et on rectifia les règlements précédents, mais la main destructive du grand maître et de ses officiers n'en laissa point fructifier les résultats.

4° 1722 à 1741. — Retour à une Compagnie exclusive. Les mêmes causes produisent les mêmes effets, c'est-à-dire un néant presque absolu.

5° 1741 à 1789. — Plus de grand maître, plus de Compagnie générale. l'administration est confiée à un conseil.

Nous allons voir, maintenant, ce qui s'est passé dans le cours de ce XVIII[e] siècle qui fut si grand, et où s'élaborèrent toutes ces inventions merveilleuses, comme les tissages, l'application de la vapeur, la fabrication du fer par la houille, qui, pendant le XIX[e] siècle, devaient exercer une si grande influence sur la civilisation moderne.

VII

XVIII[e] SIÈCLE. — Ainsi que nous l'avons vu jusqu'ici, presque toutes les mines métalliques de la France étaient dans l'abandon au commencement du XVIII[e] siècle, mais à cette époque quelques concessions furent accordées, et il semblait que l'industrie minérale était appelée à reprendre, sinon toute, au moins une partie de son ancienne activité. La poudre se répandait de plus en plus dans le travail des mines ; elle offrait un horizon nouveau pour le développement des travaux et, en 1715, le régent avait ordonné des recherches dans toutes les provinces et avait fait écrire à ce sujet à tous les intendants.

On se rappelle encore qu'à ce moment les finances de la France étaient dans un état désespéré, et l'on cherchait partout les moyens de les sauver, jusque dans les spéculations effrénées de Law qui conduisirent à de nouveaux désastres.

C'est dans ces circonstances que fut constituée, en 1722, une Société royale, sous le nom de Jean Galabin, pour l'exploitation de toutes les mines du royaume, avec remise du droit régalien pour trente ans. Cette concession exorbitante fut réduite sur les remontrances du conseil d'État, mais la Société se constitua avec grand bruit. Des travaux furent commencés en un grand nombre de points dans le Roussillon ; des bocards, des laminoirs, des fonderies furent construits avant que le sort des mines fut assuré, et quelques années plus tard, après un laps de temps qui permettait à peine de fonder une entreprise de ce genre, tout ce qui restait de la Compagnie était gaspillé par les créanciers de Galabin ou par leur syndic. En 1738, tous les travaux étaient pleins d'eau, quand Lemonnier, membre de l'Académie des sciences, vint les visiter. Un tel résultat devait jeter la plus grande défaveur sur les mines en général.

C'est encore vers cette époque que l'on donna à Kair de Blumenstein plusieurs concessions qui comprenaient plus d'un million d'hectares et un très-grand nombre de filons, dans le Dauphiné et l'Auvergne.

Les mines ouvertes par la famille de Blumenstein ont subsisté pendant plus d'un siècle et jusqu'en 1841, quand la dernière fut fermée à la suite des inondations du Rhône. Mais si nous nous en rapportons à l'ingénieur König, envoyé sur les lieux par l'administration en 1766, « on n'avait, en quelque sorte, qu'écrémé les filons, ce qui ne serait sans doute pas arrivé si la concession eût été moins étendue. » Et, d'après M. l'inspecteur général Grüner, qui, en 1857, donna de nombreux détails sur ces mines, les travaux se poursuivaient avec peu d'activité, sans constance et sans plan préconçu.

Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails sur les travaux

relatifs au commencement du XVIIIe siècle, et nous dirons seulement que c'est à partir de 1741, et surtout sous le règne de Louis XVI, que leur nombre commença à acquérir une véritable importance. Sous le règne de ce roi malheureux, si digne de respect, les idées avaient été transformées, et des hommes de génie, tels que Necker, Turgot et Malesherbes, cherchaient à diriger le torrent qui entraînait la nation vers un avenir inconnu; de tous côtés, des travaux considérables étaient en voie d'exécution, sous l'impulsion que leur donnaient les états provinciaux. Cet avenir était gros de bienfaits, quand, malheureusement, les événements de 1793 vinrent arrêter l'élan qui venait d'être donné. Celles des mines de la France qui étaient à peine ouvertes, qui n'avaient, pour se soutenir, ni passé connu, ni traditions, dont les travaux de production n'étaient pas encore achevés, ou qui se virent abandonnées par leurs propriétaires, durent succomber encore une fois, sans que leur appauvrissement en fût la cause, sous le poids des terribles luttes de la révolution.

Si l'on examine le plus grand nombre des travaux ouverts dans le cours du XVIIIe siècle, dont il serait trop long de donner ici une description, quelque utile et intéressante qu'elle puisse être, on voit que, dans un grand nombre de cas on a été surpris par la rencontre des anciens ouvrages dont on ignorait l'existence, ou que l'on croyait moins développés; que des capitaux ont été dissipés, ainsi que le dit Gobet, en entreprises ridicules, que beaucoup de mines des Alpes ont été suspendues, après des années prospères, à cause de l'épuisement des bois autour d'elles et de la cherté des transports.

Cet examen montre encore ce fait saillant et significatif, le succès répondant toujours à une pratique éclairée. Les seules mines qui, véritablement, ont répondu aux espérances que l'on en attendait, en dehors de celles, nombreuses aussi, qui furent ouvertes après 1780, sont celles qui étaient dirigées par des hommes tels que Blumenstein, Jars et Blanchet, König, Latour et Schreiber qui fut, en 1802, le directeur de l'École des mines.

Je devrais joindre à ces noms celui de Genssane, qui a rendu tant de services en France et dont le nom doit être honoré, mais ses nombreux travaux dans la chaîne des Vosges pourraient, au premier examen, offrir un caractère blâmable de dissémination et d'inconstance qui devaient souvent conduire à l'insuccès. Cependant, en y regardant de plus près, on s'empresse de rendre justice à ce savant mineur; car la plupart de ces travaux, soumis aux agents intéressés ou malhabiles du duc de Mazarin, propriétaire et seigneur des contrées où se trouvaient les mines, n'étaient autorisés que pour un petit nombre d'années, cinq ou six ans; ils devaient donc, pour ainsi dire, forcément se tenir dans les anciens ouvrages, très-développés généralement, et subir enfin des exigences très-nuisibles aux intérêts des exploitants.

Quelques-uns de tous ces travaux ouverts en France, à cette époque, comme ceux de Chessy, de Vialas et du Dauphiné, ont traversé le siècle plus ou moins péniblement; d'autres, comme ceux de Poullaouen, en Bretagne, ont été arrêtés par l'affluence des eaux, après avoir réalisé des bénéfices; mais la plupart d'entre eux, indépendamment de l'absence de mineurs, de fondeurs expérimentés ou de l'insuffisance des forces, ont eu plus ou moins à lutter contre des obstacles, dérivant encore de l'administration, qui ont entravé leur marche et également nui au développement général de l'industrie des mines.

Ainsi, les concessions mal délimitées étaient données sur des étendues immenses, comme nous l'avons vu pour le sieur de Blumenstein, sans que les droits du propriétaire du sol fussent suffisamment définis. Elles en excitaient toutes les jalousies et faisaient naître pour les exploitants des embarras et des obstacles de tout genre.

D'un autre côté, ces concessions n'étaient accordées que pour un temps déterminé, plus long sans doute que dans le Haut-Rhin, mais pour vingt ans seulement; l'exploitant se trouvait ainsi forcé de vivre au jour le jour et n'osait pas entreprendre les travaux de longue haleine qu'il aurait fallu faire pour atteindre le fond des anciens travaux et y retrouver les richesses abandonnées jadis, ou mettre à exécution un plan d'ensemble sur une grande échelle.

La vaste étendue des concessions nuisait encore à l'industrie minérale, en restreignant le nombre des entreprises qui n'avaient, d'ailleurs, que des capitaux fort limités; elle empêchait que les recherches se multipliassent et elle laissait un grand nombre de gisements dans un nouvel abandon, ainsi que cela est arrivé, pour de pareilles causes, dans le cours du XIXe siècle.

Nous avons vu que sous le règne de Louis XVI, et dans les dernières années qui précédèrent la révolution, de 1780 à 1789, un élan presque général s'était manifesté pour la reprise des mines; c'est encore sous ce règne que furent prises les mesures véritablement utiles qui devaient coopérer au développement de l'industrie minérale.

Peu de temps après la transformation administrative de 1741, des ingénieurs, tels que Jars, Orry, de Blumenstein, avaient été envoyés à l'étranger pour y étudier les mines et la métallurgie du plomb, de l'or, de l'argent, etc. Mais, en 1778, on pensa à l'enseignement, qui avait toujours manqué, et on créa, à Paris, une chaire de métallurgie docimasique; en 1783, on fonda l'École des mines.

Cette École, qui devait servir de base à l'enseignement et répandre sur le pays, des ingénieurs expérimentés et instruits dans l'art des mines, était fondée pour douze places d'élèves, que soutenaient les fonds de l'État. Ces élèves étaient choisis parmi les enfants des directeurs ou des principaux ouvriers des mines; ils devaient passer cinq mois de chaque année dans une exploitation, sous la surveillance du directeur dont ils

étaient les employés et en rapporter des notes conformes à leur mérite et à leur aptitude.

Nous ne voulons pas établir de comparaison entre l'École de cette époque et celles de nos jours où se forment des ingénieurs d'un ordre plus élevé ; mais nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que, dans sa simplicité, elle offrait, peut-être mieux que les écoles actuelles, les moyens de répandre sur les exploitations la pratique, qui a souvent fait défaut, ainsi que la connaissance, si nécessaire, des hommes et des choses.

Pour terminer ce que nous avons à dire relativement au XVIIIe siècle, nous rappellerons que les législateurs, appréciant tous les inconvénients et les abus des formes administratives antérieures, promulguèrent une loi des mines en 1791. Cette loi fut adoptée, malgré les avis de Turgot, qui voulait la liberté absolue des mines et une réglementation aussi restreinte que possible. Elle conservait la distinction entre la propriété du dessus et celle du dessous, elle augmentait la durée des concessions, réduisait l'étendue de ces concessions et en fixait le maximum ; elle ne prélevait aucune redevance, mais dans son désir de respecter la propriété et le droit, elle adopta des mesures qui, pour les mines de houille particulièrement, la rendait d'une application difficile dans la pratique, et elle réclamait de nombreuses modifications.

En résumé, nous voyons que dans le cours du XVIIIe siècle, particulièrement après 1741 et surtout depuis 1780, sous l'impulsion des états provinciaux, pendant le règne de Louis XVI, une reprise des mines a été tentée avec énergie sur un grand nombre de points de la France, malgré la dépréciation de l'argent, sans que les moyens d'exécution aient sensiblement été autres que ce qu'ils auraient pu être dans les années antérieures, très-inférieurs à ce qu'ils deviendront dans le cours du XIXe siècle ; que le succès a toujours répondu à l'attente, là où les travaux ont été dirigés par un esprit véritablement pratique, et que presque toutes les mines de la France étaient de nouveau abandonnées, par suite des malheurs de la révolution, sans que leur richesse y fût pour rien, quand apparut le XIXe siècle, que nous allons rapidement examiner.

VIII

XIXe SIÈCLE. — Quelques moments avant la fin du XVIIIe siècle, en l'an VII de la République, les ingénieurs de l'État tentèrent, par leurs écrits, de relever l'industrie minérale déchue. Ils voulaient répandre dans le public les connaissances qui s'y rapportaient ; leurs efforts étaient nobles, sans doute, mais ils ne donnaient ni la sécurité ni l'argent ; ces efforts, d'ailleurs, ne paraissant que dans les documents officiels, ne pouvaient

avoir que de bien faibles échos, et ils rentraient dans la catégorie des illusions de ces hommes de bonne foi et de bonne volonté qui croient servir la patrie en ne lui donnant que des mots. C'était peu de temps après le traité de Campo-Formio : la France, glorieuse, grandissait de jour en jour ; l'enthousiasme, qu'excitait le récit de récentes victoires, ranimait la confiance, l'avenir qu'on avait rêvé semblait pouvoir se réaliser. On prévoyait à peine l'existence prochaine de l'Empire, et on ne se doutait pas des luttes dans lesquelles il allait entraîner la France ; mais avant que le temps nécessaire pour fermer les plaies des jours passés se fût écoulé, de nouvelles guerres, qui se terminèrent par les désastres de 1815, durent naturellement changer la direction des esprits et nuire au mouvement progressif d'une industrie qui, plus que toute autre, avait besoin de paix et de tranquillité pour reprendre sa marche, si violemment interrompue.

Quelques années plus tard, en 1810, parut une nouvelle loi, celle-là même qui régit encore aujourd'hui les mines en France.

On avait employé plusieurs années à en formuler les articles, et Napoléon lui-même avait pris une grande part à son élaboration. Mais cette œuvre n'avait été si longue et n'avait coûté tant de travail que parce que l'on éprouvait de sérieuses difficultés à concilier le Code civil, qui déclarait la propriété inviolable, avec la nouvelle loi qui mettait une partie de cette propriété à la disposition du gouvernement.

On n'avait pas, alors, sur l'expropriation pour cause d'utilité publique, les idées qu'a vulgarisées l'application des chemins de fer, et toutes ces lenteurs provenaient du désir que l'on avait de paraître posséder le plus profond respect pour la propriété dont on voulait pourtant prendre une partie.

Cette séparation du sol et du sous-sol, qui a été l'objet de si vives attaques, qu'avait admise la Constituante, contrairement aux idées de Turgot, paraissait cependant utile à ce moment, et peut-être nécessaire pour le développement de l'industrie minérale au milieu des habitudes françaises, mais beaucoup d'autres mesures dans la loi ne furent pas aussi heureuses.

Ainsi, on avait reconnu combien avait été nuisible la courte durée des concessions, et on déclarait la concession nouvelle perpétuelle et transmissible. On tombait d'un excès dans un autre, et cette perpétuité, que l'on considéra comme devant assurer la marche progressive de l'industrie, fut, comme nous le verrons plus loin, l'une des causes du marasme que nous allons constater.

Les concessions antérieures avaient été trop vastes, on en avait compris tous les inconvénients, et on laissait la détermination de leurs limites à l'appréciation des ingénieurs de l'État qui, ainsi que nous le verrons encore, tombèrent souvent dans le même défaut.

Elle consacra le droit régalien, qu'elle interprétait autrement qu'il ne

l'avait jamais été, et, en vertu de cette nouvelle interprétation, elle livrait entièrement les mines à la tutelle de l'État.

Le droit régalien n'avait été, au temps des Romains et pendant le moyen âge, qu'un droit purement fiscal. Il fut considéré comme tel dans tous les temps de l'ancienne monarchie, pendant lesquels, ainsi que nous l'avons vu, les rois percevaient le dixième du produit brut, même à l'époque où l'exploitation était entièrement libre.

Ce droit était un vieil usage, qui résultait de l'abus de la force, et qu'avaient exercé les Romains uniquement dans les pays conquis; les seigneurs du moyen âge, possesseurs du sol, le firent revivre à leur profit, et les rois se l'approprièrent.

C'est seulement vers la fin du xv[e] siècle, au moment où la royauté pensait à rapporter tout à elle, que les légistes commencent à parler de la régale des mines, et c'est vers 1810 que nous entendons nettement dire que le droit régalien est le droit pour l'État, au nom de l'intérêt public, d'exercer sa surveillance sur les mines en exploitation et d'y percevoir des redevances.

Rien, dans l'histoire du passé, ne semble avoir légitimé cette définition qui pouvait conduire à de graves abus dont le principal fut d'arrêter l'expansion de l'initiative individuelle.

Cette définition nouvelle, était, au reste, conforme à l'esprit du temps, car les administrations, à ce moment, tendaient plus que jamais à tout absorber; tout était déjà disposé de façon à envelopper la France dans un réseau administratif centralisateur qui allait tout enserrer, et, désormais, rien ne pourra se faire sans une permission ou une autorisation.

Dans la nouvelle loi, les redevances, que n'avait pas voulu percevoir la loi de 1791, étaient rétablies; elles n'étaient plus prélevées sur le produit fabriqué, comme dans les siècles précédents, mais sur les bénéfices nets, et réduites au maximum de 5 0/0. Cette innovation, faite aussi dans le but de favoriser l'exploitation des mines afin d'en diminuer les charges, conduisit dans la pratique à une foule d'embarras qu'ont un peu régularisés, plus tard, des dispositions conformes à l'article 35 de la loi.

Ces redevances étaient encore en quelque sorte justifiées, car leur produit, d'après l'article 39, devait être employé à solder le corps des mines, et surtout à faire des travaux de recherche et d'avenir ou à éclairer le public; mais, à partir de 1814, elles cessaient d'avoir cette destination et elles ne furent d'aucune utilité pour le développement des mines. Dans les premiers temps de l'empire de Napoléon I[er], on exécuta quelques travaux, et, depuis près de quarante ans, il n'a été absolument rien fait sur les gisements métalliques.

Après 1810, les mines subirent toutes les influences du système de centralisation qui régnait alors. Bientôt après sa promulgation, cette loi qui néanmoins présente dans son ensemble un caractère libéral,

dans sa lettre une grande latitude, fut considérée comme insuffisante, et l'on suppléa à ce que l'on croyait lui manquer par une série de décrets, de circulaires et de prescriptions qui en altérèrent le sens et furent autant de difficultés et d'entraves.

Ni ouvertures de mines, ni construction d'un four, ni vente de minerai ne purent se faire sans autorisations nécessitant une suite de longues formalités.

On put voir une société concessionnaire de mines en Algérie, forcée par l'acte de concession de traiter ses produits, dans cette province ou dans la métropole, sans que rien, dans la loi de 1810, autorisât à imposer de pareilles obligations.

Et lorsque plus tard, en 1845, elle voulut vendre à l'Angleterre 6 000 tonnes de minerai riche qui devaient lui créer de nouvelles ressources et lui donner la vie, elle dut en demander l'autorisation qui lui fut refusée et qu'elle dut attendre pendant bien des années.

Ce refus lui était donné au nom du Trésor, au nom de l'intérêt public, et il produisait absolument l'effet d'une main qui, pour son bien et pour le bien public, pousse davantage, au fond de l'eau, l'homme qui se noie.

Ce refus, si contraire aux intérêts généraux, ne paraît avoir été justifié par aucun des termes de la loi de 1810.

L'article 31 de la loi permettait la réunion de plusieurs concessions dans les mains d'un même concessionnaire, et en 1852 un simple décret vint l'abroger. Ce décret, qu'autorisait du reste la constitution de 1852, n'était autre, en réalité, qu'une violation de la loi qui, néanmoins, n'empêcha pas, qu'en 1856 et en 1859, deux concessionnaires purent posséder plusieurs concessions : l'un 8 394 hectares en six concessions, l'autre 6 970 en quatre concessions.

Enfin, l'administration, dans le but de protéger l'industrie minérale, dans le but d'en diriger la marche et de sauvegarder les intérêts particuliers dont elle se considérait, bien malheureusement, comme tutrice, soumettait tout à son contrôle, modifiait les termes de la loi et créait ainsi autant de difficultés dont l'effet fut de rendre les mines abordables seulement à un petit nombre de personnes, et d'éloigner les hommes hardis et de mérite qui auraient voulu extraire du sol les richesses qu'il pouvait renfermer encore.

L'étude des idées qui dominaient, de 1810 à 1830, indépendamment de l'esprit centralisateur excessif qui régnait alors, explique en quelque sorte toutes les mesures que l'on prenait à cette époque, car il n'y avait réellement pas d'autres ingénieurs que les ingénieurs de l'État, et on considérait la protection légale comme le meilleur moyen de donner à notre industrie l'impulsion qu'on désirait lui voir prendre. Mais, à mon sens, et les faits l'ont prouvé, on se trompait.

Aujourd'hui, les choses sont bien changées ; la France possède un grand nombre d'ingénieurs civils distingués et instruits, et la surveil-

lance de l'État, en ce qui concerne les mines métalliques, est devenue bien légère pour les exploitants; les redevances dans beaucoup de cas ont été diminuées ou annulées conformément à l'article 38 de la loi de 1810 ; les formalités ont été rendues moins solennelles, mais les décrets et les circulaires relativement aux mines n'en subsistent pas moins ainsi que les mauvais effets de leur application dans les années antérieures.

Ces mauvais effets sont pleinement constatés par l'examen suivant des produits métalliques de la France depuis 1815.

En 1816, les mines et les usines de la France, ensemble, ne produisaient que 500 000 francs.

En 1846, trente ans plus tard, le produit des mines, non compris celui des usines, ne s'élevait pas à beaucoup plus de un million.

En 1864, ce même produit s'élevait à environ 5 400 000 francs, en déduisant celui de la Corse.

Nous voyons en outre, d'après les statistiques officielles qui nous ont également fourni les chiffres précédents, qu'il y avait en activité :

En 1835, 9 mines de plomb et argent, 11 d'antimoine, 7 de cuivre, 8 de manganèse, 4 d'argent, produisant ensemble, avec 1683 ouvriers, 1 426 485 francs;

En 1847, 13 mines de plomb et argent, 2 de cuivre, 4 de manganèse, 8 de plomb, en tout 27, produisant ensemble, avec 1240 ouvriers, 1 023 186 francs;

En 1864, 29 mines de plomb et argent, 7 d'antimoine, 12 de cuivre, 4 de manganèse, 9 de plomb, 1 d'argent, en tout 62 mines, produisant, avec 4003 ouvriers, 5 306 812 francs (Corse non comprise); enfin on comptait alors environ 140 concessions inactives et sans travail.

Dans cette dernière année, comme dans les précédentes, la plupart de ces mines n'étaient que des travaux de peu d'importance, de peu d'activité ou des travaux préparatoires.

Ces chiffres montrent encore que, jusqu'à cette époque, il n'y a pas eu en réalité plus de cinq ou six mines actives en France, dans le cours de ce siècle, et ces mines sont précisément des mines anciennement exploitées ou celles qui, dirigées d'abord dans le véritable sens pratique pendant le cours du siècle dernier, ont traversé tous les mauvais temps et ont présenté des périodes de fortune malgré l'accroissement de la main-d'œuvre.

Nous voyons, en effet, que, sur le chiffre de 5 306 792 francs produits en 1864, près de quatre millions ont été produits par cinq ou six mines, et un grand nombre des autres n'ont fourni que des produits insignifiants.

On peut donc dire, avec raison, que la France métallifère n'a pour ainsi dire été ni explorée ni travaillée depuis près d'un siècle, et on est en droit de conclure que l'exploitation des mines métalliques n'aurait

pas plus mal réussi si elle avait été seulement soumise à un régime entièrement libre comme elle l'était encore sous le règne de Louis XI.

Enfin, si l'on jette un coup d'œil général sur les travaux de cette période, on voit que l'industrie des mines métalliques s'est trouvée dans un marasme presque absolu pendant la majeure partie du siècle, et que le plus grand nombre des concessions métallifères ont été dans un abandon presque continuel.

On voit encore que cette industrie a ressenti le contre-coup du mouvement qu'imprima le développement croissant des chemins de fer, et tend, en quelque sorte, à sortir aujourd'hui de son infériorité : mais tandis que, après la découverte du puddlage et même après la découverte de la Californie, de nombreuses mines étaient ouvertes ou reprises avec succès partout autour de nous, en Angleterre, en Allemagne et en Sardaigne ; tandis que le commerce et l'industrie générale grandissaient dans des proportions inconnues, nos mines progressaient avec une extrême lenteur et présentaient des exemples fréquents d'insuccès ou d'abandon.

La France n'est plus depuis longtemps une de ces contrées où l'on puisse espérer rencontrer souvent des gisements encore vierges apparaissant à la surface du sol avec tous leurs caractères de richesse comme cela eut lieu en 1781 aux mines de Vialas, ou vers le milieu du siècle dernier à Poullaouen en Bretagne; sans doute, tout n'a pas été exploré par les anciens, mais jusqu'à ce que le sol national ait été étudié plus profondément qu'il ne l'a été jusqu'ici, on ne pourra guère y trouver autre chose que des vieux travaux au fond desquels il faudra aller chercher la richesse abandonnée dans d'autres temps.

L'oubli de ces considérations a été pour beaucoup dans les insuccès et dans le marasme qui a frappé l'industrie des mines métalliques dans le cours du XIXe siècle, mais d'autres causes encore que nous allons préciser davantage ont exercé sur elle une fâcheuse influence.

IX

Les causes auxquelles il nous semble devoir attribuer principalement l'abandon des mines et les mauvais résultats obtenus dans le XIXe siècle nous paraissent pouvoir se résumer de la manière suivante :

1° Inexpérience en matière de mines métalliques, insuffisance des forces appliquées aux travaux.

2° Ignorance dans laquelle se sont trouvés les industriels et les capitalistes, relativement à ce qui concerne les mines, par suite de l'absence de documents faciles à se procurer qui fissent connaître les nombreux gisements de la France et leurs conditions d'existence, à tous les points de vue.

3° Trop grande étendue des concessions;

4° Formalités excessives pour l'application de la loi, particulièrement dans ce qui concerne l'obtention des concessions, incertitude pour l'inventeur d'une mine à en devenir concessionnaire.

5° Non-application des redevances des mines à l'étude des gisements métalliques, ou à l'exécution de travaux d'exploration et d'avenir, ou non-extension de l'art. 39 de la loi de 1810.

6° Application incomplète de l'art. 49 de la loi de 1810 et de la loi de 1838, qui font rentrer les mines abandonnées dans le domaine public.

1° *Inexpérience en matière de mines, insuffisance des forces.* — Nous avons considéré l'inexpérience en matière de mines, et l'insuffisance des capitaux employés, comme l'une des premières causes qui ont réagi d'une manière préjudiciable aux intérêts de l'industrie minérale.

Il en devait être ainsi, car les mauvais résultats obtenus jetaient sur les mines une défaveur croissante et tendaient à éloigner plus que jamais les capitaux; tandis que, si la pratique éclairée et expérimentée se fût trouvée jointe à des capitaux suffisants, on aurait pu réussir à créer quelque part une entreprise donnant des résultats saillants, le public en aurait été frappé, son attention aurait été réveillée et l'on est en droit de croire que ce genre d'entreprises se serait multiplié.

Cette inexpérience, nous la retrouverons facilement dans un grand nombre de travaux exécutés depuis 60 ans.

Un premier exemple se montre dans l'Isère, aux mines d'argent des Chalanches.

Tant que cette mine a été dans les mains de l'ancien directeur de l'école des mines de Pésey, M. Schreiber, elle a donné des bénéfices, payé tous les frais de l'usine d'Allemont et les dépenses d'un grand nombre de recherches, quoiqu'elle fût une mine de grand seigneur, conduite avec peu d'activité, chargée de beaucoup de frais généraux et n'ayant eu qu'un fonds de roulement de 64 000 francs.

En 1792, elle rentra dans le domaine de l'État, et passa entre les mains de plusieurs concessionnaires. Depuis cette époque, aucun travail sérieux n'y a été exécuté; on n'a pas même achevé les travaux d'avenir commencés dans le dernier siècle et elle n'a pour ainsi dire rien produit; après plusieurs abandons, cette mine a été reprise dans ces dernières années pour être abandonnée de nouveau.

Dans le Rouergue, vers 1839, on attaque avec un capital restreint plus de cinquante filons cuivreux ou argentifères, qui avaient été anciennement l'objet de nombreux travaux. On dissémine les forces au milieu de ces vieux travaux, et l'on arrive à l'épuisement de ce capital avant d'avoir rien appris et rien achevé.

Tous ces travaux ont été repris plus tard par une Société nouvelle, qui, mieux dirigée, a porté toutes ses forces sur un seul filon argentifère.

Aujourd'hui, non-seulement cette Société marche avec les ressources que lui fournit la mine, mais elle donne des bénéfices dont le chiffre s'accroît chaque année, et elle augmente sans cesse l'aménagement important qu'elle possède déjà et qui paraît assurer l'avenir de l'exploitation.

Dans les Pyrénées, nous voyons attaquer des filons d'une régularité douteuse, d'une richesse argentifère faible, dans des contrées presque inaccessibles, et l'on délaisse les vieux travaux qu'il fallait fouiller de préférence.

L'entreprise marchait à sa ruine, quand de nouveaux industriels mieux avisés, qui en avaient pris la suite, abandonnèrent tous ces travaux, et reportèrent toutes leurs forces sur un gisement de manganèse qui leur permit de réaliser des bénéfices.

Dans le centre de la France, vers 1840, on grapille çà et là, dans les vieux ouvrages d'un riche et puissant gisement. On attaque avec une dépense annuelle de 7 à 8000 francs, pendant dix ans, une mine que les Romains et les mineurs du moyen âge avaient probablement travaillée pendant des siècles. Plus tard, on exécute sur la même mine de nouvelles galeries qui se perdent au dehors du gisement, ou au milieu des anciens travaux, et enfin tout est de nouveau abandonné après la dispersion du capital.

L'histoire de la reprise de quelques-unes des mines des Vosges, jusqu'à 1870, est lamentable à tous les points de vue. Nulle part, on peut le dire, on n'y a exécuté des travaux qui fussent en rapport avec l'importance des gisements; nulle part on n'a appliqué les capitaux que nécessitaient des exploitations anciennes considérables, abandonnées depuis près de deux siècles.

Dans les Alpes, vers 1840, on attaque un filon de quartz aurifère très-bien déterminé, avec l'idée préconçue que l'or n'existe que dans les parties élevées du filon. On cherche le chapeau d'or. Les frais généraux absorbent la majeure partie des forces, et après l'épuisement du capital on abandonne les travaux en laissant en suspens la question qui concerne réellement la richesse ou la stérilité du filon.

En Bretagne, on dissémine un capital important en recherches superficielles sur des gisements d'étain. On y oublie qu'à leur origine les mines du Cornouailles n'ont fourni de bénéfices qu'après plusieurs années de travaux, et leur plus grande richesse qu'à une certaine profondeur.

Sans vouloir accuser personne, ce qui serait bien loin de notre pensée, nous croyons avoir raison d'attribuer l'insuccès de ces dernières explorations à l'inexpérience; car si les indices superficiels étaient privés des signes pratiques qui caractérisent l'existence, dans la profondeur, des dépôts métalliques, il était inutile d'y faire de grandes dépenses, et si ces signes existaient, il fallait atteindre une profondeur beaucoup plus

grande que 33 mètres, profondeur moyenne au delà de laquelle on n'a pas pénétré.

Dans le Puy-de-Dôme, à Pontgibaud, les travaux qui remontent à l'époque romaine, repris à diverses époques, et notamment de 1721 à 1792, furent remis en activité vers 1826. En 1838, une Compagnie remplaça le propriétaire précédent et travailla avec une grande activité; elle releva les usines; mais cette Compagnie s'était constituée au capital de 2 500 000 francs, dans lequel l'apport de la mine entrait pour 1 900 000. Il ne lui restait donc que 600 000 francs pour exécuter tous les travaux, et elle en dépensa 800 000 en constructions et frais d'installation au dehors de la mine.

Cette Compagnie avait donc commencé avec un capital trop faible qui n'était proportionné ni aux difficultés à surmonter, ni à la grandeur des travaux entrepris. — Les emprunts devinrent nécessaires et, les intérêts s'accumulant, les charges et les pertes s'accrurent malgré l'augmentation de la production qui s'était élevée, de 1838 à 1847, à un peu plus de 1 400 000 francs, représentés par 4 773 kilogrammes d'argent, 49 000 kilogrammes de plomb et des litharges.

On peut donc remarquer dans ce cas, l'un des plus saillants de ceux qui se sont produits en France, l'insuffisance première du capital et surtout l'inexpérience en matière de mines; car des hommes expérimentés auraient prévu l'insuccès inévitable qui devait survenir dans de pareilles circonstances.

Cette inexpérience est tout à fait démontrée par les faits qui se sont passés postérieurement et qui se passent aujourd'hui.

Après avoir traversé des phases diverses, ces mines ont été reprises plus tard par une Compagnie anglaise, dirigée d'abord par l'un des ingénieurs les plus éminents du Royaume-Uni, Richard Taylord, qui les exploite actuellement. Cette Compagnie, rapportant un capital convenable et des connaissances techniques suffisantes, a pu reconnaître de nouveaux filons. Elle a démontré que les filons qui environnent cette partie du plateau central ne sont pas, comme le dit le texte de la carte géologique de la France, des filons pauvres et de peu de valeur, et elle a étendu ses recherches avec succès; en 1868, elle occupait plus de 600 ouvriers, elle faisait plus de 6 000 kilogrammes d'argent; en 1870, elle avait constitué un fonds de réserve important après avoir payé l'intérêt des sommes engagées et fourni des dividendes, et elle se disposait à entreprendre des travaux d'avenir considérables dont l'exécution lui était dictée par la confiance dans la richesse souterraine des gisements.

Le fait que nous venons de citer nous porte à rappeler, comme résultat de la plus grande inexpérience, la constitution d'une affaire de mines dans laquelle la mine se trouve apportée par les promoteurs de l'entreprise à un prix trop élevé.

Ce cas s'est présenté souvent en France, depuis cinquante ans, et on ne

saurait trop insister sur les dangers auxquels l'entreprise et même l'industrie minérale tout entière est exposée par suite d'une telle manière de procéder.

Dans le plus grand nombre des cas, les promoteurs de ces sortes d'entreprises n'ont d'autre pensée que de réaliser promptement de gros bénéfices. — Les hommes qui manquent de sens moral disent qu'ils sont habiles, et les honnêtes gens les appellent autrement; mais, quels qu'ils soient, ils écrasent, dès le début, l'entreprise dont ils sont les créateurs.

C'est l'inexpérience qui, dans quelques circonstances, a entraîné le public à répondre à l'appel qui lui était fait, et cette inexpérience n'existerait pas si les notions sur l'histoire de nos mines, comme sur leurs exigences, étaient plus répandues qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Je pourrais multiplier les exemples qui, malheureusement, ne manquent pas en France, dans les Alpes, dans les Corbières, dans le plateau central, etc., où tout porte à croire que les mécomptes dépendaient beaucoup plus des mineurs que des mines. Je crois inutile de le faire, et je me bornerai à rappeler que, dans beaucoup de localités, chercher des filons nouveaux et délaisser ceux que les anciens avaient travaillés était une grande preuve de l'inexpérience et de l'ignorance de notre temps.

L'ignorance dans laquelle on a toujours été de l'histoire des mines, le manque absolu des traditions résultant des mauvaises administrations antérieures, l'oubli de tout ce qui s'était fait avant le XIXe siècle, expliquent sans doute bien des fautes et bien des erreurs; mais on est forcé de reconnaître que l'importance des vieux travaux ne serait pas restée longtemps méconnue, si la France avait possédé un plus grand nombre de véritables mineurs et des hommes expérimentés dans l'art des mines métalliques, comme l'étaient, dans le siècle dernier, les ingénieurs dont j'ai déjà cité les noms, et si toutes les facilités possibles avaient été données pour la recherche et l'exploitation des gîtes.

On voit donc enfin qu'un grand nombre d'insuccès, dans le cours du XIXe siècle, ne prouvent pas que les mines où ils ont eu lieu soient pauvres ou stériles, et que la défaveur qui provient de leur fait n'est nullement justifiée.

2° *Ignorance des industriels relativement aux mines.* — Il n'est pas surprenant que cette ignorance, dont j'ai parlé tout à l'heure, se soit maintenue jusqu'à nos jours; car, aujourd'hui encore, celui qui veut étudier l'histoire des mines métalliques est obligé de chercher une foule de documents épars et disséminés dans toute la France. Il n'y a guère d'autres livres à consulter que ceux qui furent écrits par Jars, Diétrich, Gobet et de Genssane dans le XVIIIe siècle, dans ce siècle où l'on travaillait, et où l'on travaillait encore pour l'amour du bien public et l'amour de la science.

En l'an VII, les ingénieurs de l'État, ainsi que nous l'avons dit plus

haut, Coquebert de Montbret, Lelièvre, etc., entreprirent de faire connaître les mines dans chaque département. Ce travail, qui aurait pu être d'une grande utilité, fut commencé avec une ardeur toute juvénile ; il fut bientôt abandonné et il resta inachevé...

Nous avons retrouvé ce même élan après les deux grandes commotions de 1815 et de 1830, mais nous avons aussi revu son affaissement quelques années plus tard[1]. Ceci montre, en passant, tous les dangers auxquels sont exposées les industries qui dépendent des administrations publiques.

La carte géologique de la France, qui aurait pu peut-être concourir à relever l'industrie minérale déchue, ne parut qu'en 1841. Telle qu'elle est, on doit la considérer comme une grande œuvre ; mais les parties relatives aux mines metalliques y sont traitées d'une manière bien superficielle et manquent pour la plupart.

Un certain nombre de cartes géologiques départementales furent faites aussi par des ingénieurs des mines ou par des géologues ; mais, à l'exception de quelques unes, qui ne parurent que plus tard, comme celle du Haut-Rhin, par MM. Kœchlin et Delbos (1860), celle de la Loire, par M. Gruner (1857), ou la carte de l'Isère, par M. Lory, la question des mines est à peine étudiée quand elle n'est pas entièrement écartée.

Les cartes des districts miniers les plus importants manquent encore aujourd'hui. Les cartes de la Lozère et de l'Aude ne sont pas faites ; celle de l'Ariège n'a été publiée qu'en 1871, et celle de l'Aveyron, quoique finie depuis environ 1869, est à peine connue du public.

D'un autre côté, d'après les lois et les règlements antérieurs à la loi du 23 avril 1833, concernant l'organisation du corps des mines, les ingénieurs de l'État étaient chargés de l'*étude complète du sol de la France, soit sous le point de vue géologique, soit pour l'appréciation des richesses minérales qu'il renferme;* et nous venons de voir que cette étude est loin d'être achevée.

Ils devaient encore *rechercher les causes qui restreignent ou tendent à restreindre l'exploitation des mines, et indiquer les moyens qui peuvent être employés pour en faire cesser les effets.*

Soit par suite du manque d'argent, soit pour d'autres causes, ces dernières recherches ne paraissent pas avoir été faites, car il est impossible d'en trouver aucune trace.

D'un autre côté, des rapports ont été écrits par des ingénieurs de l'État dans plusieurs circonstances, relativement aux concessions accordées conformément à la circulaire du 17 août 1812, et notamment quand, après 1848, on pensa à établir une usine et une mine modèles

1. Les comptes rendus des ingénieurs des mines ont été remarquables de 1833 à 1846 ; à partir de cette dernière date, ils n'ont plus représenté que des documents purement statistiques.

pour le traitement des minerais métalliques; ces documents sont restés inconnus. Ils semblent n'avoir été faits que pour l'administration, et pourtant c'était le public qui était le plus intéressé à les connaître.

Quelques documents de ce genre, dont la publication avait été commencée, ont eu une publicité si restreinte, qu'on peut presque les considérer, pour le plus grand nombre et pour le public, comme n'ayant pas existé. On ne peut pas dire que les ingénieurs de l'État se sont toujours prêtés à faire connaître ce qu'ils savaient au sujet des mines et que cela devait suffire, car, quel qu'ait pu être le désir de ces ingénieurs d'être utiles aux progrès de l'industrie, ce mode de communication n'était pas de la publicité.

Un commencement de publicité fut donné à l'histoire des mines en 1826, sous la direction de M. Becquey, alors directeur général des ponts et chaussées et des mines, quand parut dans le *Moniteur* un état de 145 mines abandonnées; ce genre de publicité qui n'avait pas été employé jusqu'alors, s'il avait été étendu et répété, aurait pu peut-être produire les conséquences les plus heureuses pour l'industrie métallique.

« La France, disait le préambule qui accompagnait l'état, renferme de grandes étendues de pays constituées comme les contrées les plus richement dotées en mines métalliques; il est constant qu'il existe une multitude d'indices qui conduiraient probablement à la découverte de nouveaux gîtes, indices reconnaissables par des travaux qui n'ont pas eu de suite. »

L'auteur de ce préambule attribue l'abandon des mines à ce qu'elles n'ont pu soutenir la concurrence occasionnée par la découverte de l'Amérique[1]; et, dans des époques moins anciennes, à l'insuffisance des capitaux, au défaut de connaissances techniques, de notions économiques et commerciales, aux malheurs de la révolution.

A cette même époque, le commerce et l'industrie avaient pris un grand essor, dû surtout au retour de la paix; des concessions houillères nombreuses étaient demandées et accordées; il y avait un grand élan vers les mines, et presqu'au moment où parut dans le *Moniteur* l'état dont je viens de parler, on vit se former le projet d'une vaste Compagnie qui devait exploiter les mines métalliques.

Mais c'était, comme nous l'avons dit plus haut, le temps où l'administration supérieure voulait tout diriger et tout protéger. Elle exigea que des commissaires fussent introduits dans la surveillance de la Compagnie; cette exigence arrêta le projet qui n'eût pas de suite, et une occasion des plus favorables pour activer les mines fut ainsi perdue, qui ne se retrouvera plus jusqu'à nos jours.

Vingt ans plus tard, en 1846, une publication plus complète des gîtes

1. Nous avons vu que cette opinion est loin d'être justifiée.

métalliques fut encore faite par l'administration des mines, non plus dans le *Moniteur*, mais dans les comptes rendus des ingénieurs des mines, c'est-à-dire que cette publication était à peu près restreinte à l'administration des mines, et par conséquent à peu près étouffée.

En résumé, je crois être dans le vrai quand je dis que l'ignorance de l'histoire de nos mines et le retard apporté dans l'exécution des cartes géologiques des pays miniers furent l'une des causes de la défaveur de ces mines, de leur abandon ou de leur oubli, et peut-être aussi de bien des fautes commises par les exploitants.

Les causes suivantes que nous avons signalées et que nous allons examiner se rapportent à l'application de la loi de 1810, telle qu'elle a été pratiquée depuis soixante ans. Cette application devait exercer sur les mines une influence plus grande qu'on ne serait porté à le supposer, et l'examen de ce qui s'est passé en Europe en donne facilement la preuve.

Les riches mines de l'Espagne sont restées oubliées pendant des siècles, malgré les avantages que retirait l'État de l'exploitation de quatre ou cinq mines, tant que pesa sur elles une législation qui les mettait à la disposition du pouvoir; elles ne commencèrent à prendre l'immense développement que nous connaissons qu'en 1825, quand une législation tout à fait libérale vint remplacer la législation destructive qui avait régné jusqu'alors.

Il en fut de même en Sardaigne, dont les mines restèrent enveloppées dans leur *malaria* presque jusque vers 1850, jusqu'au moment où une législation appliquée avec intelligence et d'une manière libérale vint se substituer au pouvoir des rois de Piémont.

Les riches mines de la Thrace, de la Thessalie et de l'Asie mineure, qui furent pour ainsi dire le berceau de l'industrie minéralurgique, qui avaient eu leurs époques de prospérité, sont restées dans l'abandon ou dans un état déplorable, tant qu'elles ont fait partie du domaine du souverain.

Au contraire, les mines de l'Angleterre se sont grandement développées sous un régime entièrement libre, et les mines de l'Allemagne ont été poursuivies avec succès, parce qu'elles furent, bien avant le XVIe siècle, soutenues par des princes éclairés qui favorisaient au plus haut degré leur recherche et leur exploitation.

3° *Trop grande étendue des concessions.* — La loi de 1791, ainsi que nous l'avons vu plus haut, avait réduit l'étendue des concessions qui, au commencement du XVIIIe siècle par exemple, comprenaient toute une province; elles étaient, pour M. de Blumenstein, de plus d'un million d'hectares.

Cette loi en avait fixé le maximum à six lieues carrées (mesure ancienne) ou 12 000 hectares.

La loi de 1810 laisse aux ingénieurs de l'État le soin d'en déterminer l'étendue ou les limites, et la jurisprudence minière de cette époque recommande de ne pas accorder de concessions trop vastes afin de les multiplier.

Au 31 décembre 1865, la France comptait 202 concessions métallifères, inexploitées pour la plupart, recouvrant un espace de 262 450 hectares.

L'étendue moyenne de ces concessions est de 1,546 hectares, et pour chaque nature de substance métallique, elle est ainsi qu'il suit :

Antimoine.	527	hectares.
Manganèse.	351	—
Plomb et argent.	1576	—
Cuivre.	1645	—
Plomb, cuivre, argent, zinc.	1648	—
Or, argent, nickel.	518	—
Étain.	9330	—

Si on examine l'étendue moyenne des concessions à diverses époques, on voit que cette étendue a été constamment en augmentant avec le temps, de 1810 à 1870.

Ainsi, de 1821 à 1830, la moyenne de 26 concessions est de 495 hect., et la plus grande d'entre elles a 1 500 hectares de surface.

De 1830 à 1848, le maximum est de 2 916, et la moyenne de 65 concessions est de 755 hectares.

De 1852 à 1869, l'étendue moyenne de 75 concessions est de 1 677 hect. et dans cette dernière période on voit des concessions de 17 443 (1856), 10 575 (1866), 4 454 (1868), 8 089 (1865), 4 244 (1865), 7 442 (1867) hect. qui renferment de nombreux filons.

Il y a une bien grande différence entre ce qui se passait alors en France à ce sujet et ce qui se faisait à l'étranger.

Pendant que nos mines restaient invariablement soumises à la loi de 1810, avec tout le cortége des décrets et des instructions qui l'ont suivie, les nations voisines s'occupaient activement de progrès. Elles modifiaient leur législation d'après les données de l'expérience ; elles la rendaient plus appropriée au temps et plus apte, si cela était possible, à favoriser le développement de l'industrie minérale.

La Suède réformait en dernier lieu sa loi des mines, en janvier		1855
L'Espagne	—	1859
La Prusse	—	1865
Le Piémont	—	1859
L'Autriche	—	1862
Le Nassau	—	1857

et toutes ces nations fixaient pour les concessions des étendues déterminées par la loi, bien moindres que celles de la France dont les limites avaient été données par les ingénieurs de l'État.

Ces étendues étaient :

En Suède, pour les mines métalliques		3h.16,	pour les houillères	12h,67
Autriche	—	18h,00	—	36h,00
Prusse	—	10h,92	maxima	218h,00
Espagne (en deux pertinencias)		12h,00	—	30h,00

toutes concessions sur lesquelles le travail est obligatoire.

Dans la Belgique, où les terrains métallifères sont peu étendus, où les mines métalliques sont peu nombreuses, soumise encore à la loi de 1810 qu'elle reçut du premier empire, où cette loi est restée telle qu'elle a été donnée avec tout son caractère libéral et la latitude de sa lettre, nous voyons qu'en 1864 l'étendue moyenne de 28 concessions métallifères accordées de 1851 à 1860 était de 178 hectares.

En Sardaigne, où la loi de 1810 est appliquée avec de nombreuses modifications, le maximum des concessions est de 400 hectares.

En Amérique, et particulièrement dans la Nevada-Orientale, le claim donne droit à 200 pieds seulement ou 182 mètres sur la piste du filon.

En Angleterre, où le travail des mines est entièrement libre, mais où néanmoins un grand nombre d'exploitations peuvent être assimilées aux concessions en ce qu'elles relèvent d'un propriétaire qui perçoit le droit de *royalty*, l'étendue que possèdent les exploitants est souvent beaucoup plus petite que celle des concessions françaises.

Comment expliquer ces différences immenses entre nos concessions et les concessions étrangères, différences s'accroissant toujours à mesure qu'on se rapproche de 1870, c'est-à-dire à mesure qu'on se rapproche d'une époque où on laissait aller les choses à la dérive et où on se préoccupait davantage des personnalités que de l'intérêt de la France.

Faut-il croire que, contrairement à l'opinion des hommes les plus compétents que possède le corps des mines, la France métallifère était considérée par l'administration comme pauvre et comme devant être administrée autrement que tous ces pays dont nous venons de parler, qui pourtant présentent les mêmes granites, les mêmes roches, les mêmes gangues et les mêmes souvenirs.

Telle n'était pourtant pas l'opinion des savants mineurs du XVIIIe siècle et les enseignements ne faisaient pas défaut.

De Genssane, qui connaissait toutes les parties de la France, avait écrit « que les concessions trop étendues causent un préjudice considérable à leur exploitation, et ce n'est, disait-il, qu'en les limitant en Allemagne à de moindres étendues, qu'on est parvenu à avoir un grand nombre de ces exploitations. »

L'ingénieur König, l'un des ingénieurs distingués qui, dans le siècle dernier, exploitaient les filons de la France, avait dit à l'égard de M. de Blumenstein : « J'attribue à la trop grande étendue de la concession l'abandon et la suspension trop légère d'une foule de travaux. »

On savait que le savant mineur suédois Delius avait écrit en 1778 : « Les concessions ne doivent être ni trop grandes ni trop petites; si elles sont trop grandes, on découvre par là son ignorance dans la nature des mines, car dans un district de deux lieues (3 500 hectares environ), il peut y avoir cent, et plus, de veines métalliques qu'une seule Compagnie ne serait pas en état de sonder dans dix mille ans. »

On savait encore que, dans le Nassau, les anciennes concessions trop étendues furent réduites après l'application de la loi de 1857, et que cette réduction fut l'origine de nouvelles exploitations qui y furent créées.

Enfin, on n'ignorait pas qu'en France même les exploitations métallifères productives étaient concentrées sur de bien faibles étendues, et que les ressources des Compagnies ne permettaient pas ou n'avaient pas permis la mise en valeur ou l'exploration sérieuse de tous les gisements que renfermaient leurs concessions, que par conséquent beaucoup de gisements pouvaient se trouver ainsi stérilisés et improductifs.

Comme exemple, nous rappellerons simplement la mine de plomb et argent de Vialas, dont les plans ont été publiés dans les Annales des mines, par M. l'ingénieur Rivot.

Cette concession a 9 700 hectares de surface, et tous les travaux exécutés depuis plus de 80 ans n'occupent pas une étendue de plus de 40 hectares.

C'est même très-probablement cette concentration des travaux qui, s'harmonisant mieux avec le capital dont disposait la Société, a fait la fortune de l'entreprise et assuré son avenir qui va grandissant de jour jour.

On voit donc que plus de 9 600 hectares y ont été stérilisés depuis près d'un siècle, et que, pendant tout ce temps, personne n'a eu le droit et n'a pu tenter d'explorer ou d'exploiter les autres filons qui apparaissent dans l'étendue de la concession.

Dans l'Isère, la concession d'argent des mines des Chalanches s'étendait sur 10 700 hectares; elle fut réduite à 500 environ dans les premières années de ce siècle.

Les principaux travaux de M. Schreiber ne s'étendaient pas au-dessous de plus de 20 hectares, et personne n'a pu aller faire aucune recherche sur leur excédant.

Enfin, si nous considérons un filon comme il y en a en France, s'étendant sur six kilomètres environ, ce filon sera concédé tout entier à une seule Compagnie qui pourra travailler pendant des siècles sur une longueur de mille mètres, et laissera improductive une longueur de filon de cinq kilomètres sur laquelle d'autres Compagnies auraient pu s'établir.

Nous n'entrerons pas dans d'autres détails à cet égard, et nous pensons en avoir dit assez pour montrer que l'application de la loi de 1810, en ce qui concerne l'étendue des concessions, n'a pas favorisé le développement des mines métalliques. Ce système a permis que des étendues considérables de terrains métallifères pussent rester ou inexploitées, ou inexplorées; il a facilité la dissémination des capitaux et l'inconstance des exploitants; il a étouffé l'émulation; il n'a ni stimulé ni multiplié les forces actives du pays pour les mines, et par conséquent nous croyons avoir le droit de le considérer comme étant l'une des causes du marasme qui, depuis tant d'années, pèse sur une branche importante de l'industrie minérale.

4° *Des formalités pour l'obtention des concessions. — Du choix du concessionnaire. — De l'incertitude pour l'inventeur de profiter de sa découverte.* — Nous avons peu de chose à dire relativement aux formalités, nécessaires encore aujourd'hui, pour l'obtention d'une concession, car ces formalités ne paraissent avoir aucune raison d'être.

D'après les indications administratives elles-mêmes, d'après la circulaire du 31 octobre 1837, les autorisations accordées ou l'obtention de la concession ne préjugent rien et n'impliquent rien relativement à la valeur de la mine, ou au succès de l'exploitation. Elles n'ont empêché ni le mauvais emploi de l'argent, ni les abandons avant que des travaux sérieux aient été exécutés, abandons qui avaient quelquefois lieu avant la publication de l'acte de concession; par conséquent elles paraissent tout à fait inutiles.

Nulle part, et cela serait véritablement incroyable si on ne connaissait pas les allures de l'administration française, dans aucun des pays soumis à une législation minière, ces formalités ne sont aussi compliquées que chez nous. Partout ailleurs on y délivre, autant que possible. la concession de toute tutelle administrative, et l'on ne fait aucune recherche à l'égard de la fortune ou de la capacité du demandeur, ainsi que le veut la loi de 1810.

Cette complication dans les procédés provenait sans doute de la perpétuité attachée à la concession et du désir d'environner l'acte de concession de toutes les garanties possibles; mais, quelque bonnes qu'aient été les intentions qui la faisaient naître, elle n'était en réalité qu'une entrave nuisible, car une foule de personnes, que leur courage ou leur instinct aurait portées vers l'industrie des mines, devaient reculer devant la nécessité d'attendre pendant longtemps les autorisations nécessaires, ou de subir des recherches et des examens peu conformes à leur propre dignité. D'ailleurs, il faut le dire, le capital qui est le principal élément de la fortune publique peut être disponible aujourd'hui, ne pas l'être demain, et il n'a pas le temps d'attendre.

Le choix du concessionnaire par l'administration n'était pas moins

nuisible aux intérêts généraux, et il est condamné par toutes les législations étrangères, qui n'admettent que la priorité et accordent la concession au premier demandeur, sans chercher à savoir ni d'où il vient, ni qui il est.

En voulant trop approfondir, dans le but de protéger la propriété des mines, en voulant savoir si le demandeur offre toutes les garanties des ressources financières et de capacité, la législation éloigne absolument bien des hommes entreprenants, qui ont leur fortune à faire et une position à conquérir.

Parmi ces formalités, se trouve encore comprise une série de travaux exigés quelquefois par les ingénieurs de l'État, avant d'obtenir l'obtention de la concession. Ces travaux avaient pour objet, d'après les instructions officielles, d'éclairer l'administration sur la valeur des gisements ou de reconnaître s'ils étaient susceptibles d'exploitation.

En dehors des quelques coups de pioche nécessaires pour constater la présence matérielle du minerai, ou pour découvrir les caractères extérieurs d'un gisement, ces travaux paraissent tout à fait inutiles. Ils ne sont d'aucune utilité pour l'État, et en général ils ne préjugent rien à cause des limites restreintes dans lesquelles ils sont forcément obligés de se maintenir. Ils peuvent être nuisibles et très-nuisibles, en ce que les exigences, n'étant pas suffisamment définies, peuvent quelquefois épuiser les premières ressources d'un chercheur convaincu, sans utilité pour personne, lui ôter les moyens de faire appel au crédit dont il a besoin, qui ne manque jamais à l'intelligence probe et éclairée, et conduire enfin à l'abandon d'un gisement qui aurait pu devenir productif, et qui, dès ce moment, devient l'objet de la défaveur publique.

Nous rendrons nos paroles beaucoup plus claires par l'exemple suivant : Un mineur convaincu découvre un gisement métallifère; il n'a que des ressources limitées; il sait qu'il devra avoir recours au crédit pour poursuivre l'entreprise qu'il projette et qu'il ne trouvera pas d'argent, ailleurs que dans sa bourse, tant que la concession ne lui aura pas été accordée. Son honorabilité est connue, et il sait aussi qu'il trouvera facilement de l'argent quand il aura obtenu cette concession. Enfin il a la foi, et il n'hésite pas à commencer à ses frais les premiers travaux d'exploration et les démarches nécessaires pour être en règle vis-à-vis de l'administration. — Il satisfait à toutes les formalités nécessaires, il découvre le gisement et il extrait du minerai. — Ce minerai n'est pas encore de l'argent; car, pour en tirer quelque chose, il faut construire des ateliers de lavage, et, jusqu'ici, notre mineur a dépensé une grande partie de ses ressources. Il demande des fonds à un banquier qui les lui promet, mais seulement quand il aura la concession. — Il insiste alors auprès de l'administration pour que cette concession lui soit bientôt accordée. Or admettons que, dans ces circonstances, l'ingénieur de l'État ne se considère pas comme suffisamment éclairé, qu'il exige le foncement d'un

nouveau puits et de nouvelles dépenses d'exploration, et qu'il persiste à ne vouloir appuyer la demande de concession que lorsque ces travaux auront été exécutés; ce hardi chercheur se trouvera forcé d'abandonner le tout sous peine d'être ruiné. Le minerai extrait sera bientôt couvert de broussailles, et la défaveur retombera sur la mine même comme sur l'homme qui avait voulu l'ouvrir et en tirer parti. — On dira, dans le public, que cette mine ne valait rien.

Si l'on cherchait bien dans les faits qui se sont passés depuis soixante ans, en France, on en trouverait peut-être qui ont quelque analogie avec l'exemple que nous venons de citer. Dans tous les cas, que cela ait eu lieu ou non, ce que nous avons dit suffit pour montrer tous les inconvénients des exigences de ce genre qui, en réalité, n'éclairent rien et font retomber sur les ingénieurs de l'État une lourde responsabilité.

Il ressort encore de ceci que les formalités pour l'obtention des concessions sont des plus nuisibles quand elles ne sont pas des plus simples. car les mines ne peuvent guères être exploitées que par des associations, et l'on éprouve les plus grandes difficultés à les constituer tant que la concession n'est pas obtenue. — On peut dire : pas de concession, pas d'argent, et sans argent il n'y a ni industrie ni travail.

C'est là une des grandes causes de la déchéance des mines métalliques dans le XIXe siècle.

L'incertitude pour l'inventeur d'obtenir la concession d'une mine qu'il a découverte, ou sur laquelle il a fait les premiers travaux de recherche, paraît encore contraire à l'intérêt public.

Qui donc ira gravir les montagnes et scruter leurs anfractuosités, s'il n'est sûr d'avance de retirer la récompense de ses peines et de son labeur.

La loi lui accorde une indemnité pour le cas où l'administration lui préférerait un autre concessionnaire; mais cette indemnité n'est pas ce qu'il espère, et cette mesure a beaucoup contribué à empêcher depuis soixante ans l'étude et l'exploration des gisements de la France.

Partout, en Allemagne, en Espagne, en Suède, les droits de l'inventeur, quand ils sont prouvés, constituent la priorité dans la demande pour l'obtention de la concession, et ce fut encore là, dans ces divers pays, l'une des causes de prospérité qui a manqué à la France.

5° *De la non-application des redevances aux recherches ou aux travaux d'avenir sur les gisements métalliques.— De la non-extension de l'art.* 39 *de la loi de* 1810. — Les redevances prélevées par l'État sur les bénéfices nets d'une entreprise offraient, surtout par la forme adoptée pour les déterminer, de très-grands inconvénients et ont excité de vives plaintes. On a cherché à diminuer les difficultés qu'elles faisaient naître en y suppléant par des abonnements fixés à l'amiable entre les exploitants et l'État; mais, quelles qu'elles fussent, elles devaient, conformément à l'article 39 de la

loi de 1810, être employées à payer les frais de l'administration des mines, à faire des recherches sur des mines nouvelles ou à rétablir les mines anciennes.

De cette manière ces redevances étaient tout à fait justifiées, et elles renouvelaient les bonnes intentions de Henri IV qui, dans ses décrets, voulait qu'elles fussent employées au profit des mines elles-mêmes. Leur emploi ainsi compris se rapprochait du système de l'Allemagne, sans lequel les mines de ces contrées ne seraient jamais parvenues au point de grandeur que nous pouvons y constater aujourd'hui.

Non-seulement les princes allemands favorisaient les recherches et l'exploitation des mines par tous les moyens possibles, mais, à l'aide des sommes qu'ils en retiraient, ils faisaient exécuter et entretenir à leurs frais les grandes galeries d'écoulement et les grands travaux d'avenir que les Compagnies auraient été hors d'état d'entreprendre, et ils se remboursaient avec le temps sur le minerai extrait. Mais, dès 1814, avec la nouvelle loi des finances, l'article 39 de la loi de 1810 est devenu, pour ainsi dire, lettre morte. Le compte des redevances cessa d'être un compte spécial affecté au développement des mines; ces redevances firent partie des comptes généraux du Trésor, et dès ce moment toutes les bonnes intentions des ingénieurs de l'État durent être paralysées.

Dans bien des circonstances, l'administration des mines a fait des efforts pour ouvrir des travaux, pour faire ce que l'on faisait en Prusse et en Allemagne, pour fonder des écoles spéciales, comme en 1820 et 1848; mais tous ces efforts ont été stériles en présence de l'administration supérieure.

Si, d'après les comptes rendus des ingénieurs, on cherche ce qui a été fait en France, il est facile de reconnaître que les travaux de l'État ou des conseils généraux se sont toujours maintenus dans des limites fort étroites, et que depuis 1834, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il n'a été absolument rien fait pour les mines métalliques.

Cependant, depuis soixante ans, il eût été facile d'établir, dans nos montagnes, quelques-uns de ces grands ouvrages qui, comme en Allemagne, donnent la vie à toute une contrée.

Les gisements métallifères ne manquaient pas.

Qu'on aille dans les Vosges, dans les Alpes, dans l'Aveyron, dans les Cévennes, dans les Pyrénées, dans les Corbières, on trouvera partout des gisements métalliques importants, situés dans des lieux alpestres, qui attendent encore, pour produire les richesses qu'ils renferment, les effets d'une action pratique et éclairée.

Si depuis soixante ans quelques travaux ou des reprises de mines anciennes avaient été poursuivis avec persévérance, si l'on y avait consacré quelques-uns des millions qui ont été si malheureusement employés, surtout depuis vingt ans, on ne payerait pas aujourd'hui plus de cent millions annuellement au commerce étranger pour achat de métaux; un

grand nombre de familles vivraient sur les mines, se développant avec le développement des travaux, et, dans tous les cas, une vive lumière aurait été projetée sur une partie importante de l'industrie minérale de notre pays.

Il n'en a rien été fait, et on peut dire, avec raison, je crois, que la non-application de l'article 39 de la loi de 1810 a été contraire à l'intérêt public.

6° *Déchéance des mines.* — L'une des grandes causes de l'affaissement des mines métalliques en France nous semble devoir se rapporter encore à l'application incomplète de l'article 49 de la loi de 1810 et de la loi de 1838, relatives à la déchéance des mines abandonnées.

En 1836, il y avait 81 concessions sur lesquelles 46 étaient inactives. En 1864, sur 202 concessions, 140 environ étaient abandonnées. Dans tous les temps, depuis la promulgation de la loi de 1810, il y a eu plus de la moitié des mines concédées dans l'abandon, et il en est qui ont été presque constamment sans ouvriers.

Cela signifie qu'indépendamment des gisements nombreux inexploités ou inexplorés qui se trouvent déjà stérilisés dans l'étendue des concessions en activité trop vastes, plus de cent mille hectares métallifères sont restés abandonnés sans que personne ait eu le droit d'y aller faire aucune recherche ou d'en tirer aucun parti.

Cependant l'obligation de tenir les concessions en activité résulte encore de l'article 31 de la loi de 1810, et la déchéance des concessions abandonnées est formellement entendue dans l'article 49, au nom de l'intérêt public.

De plus, cet abandon persistant, à l'abri d'un acte de concession donné par l'État, accroissait encore la défaveur des mines.

Chez toutes les nations qui nous environnent, la déchéance des mines abandonnées est admise et appliquée invariablement d'après des règles fixes, et elle y est un des principaux éléments de prospérité.

Elle y est, disons-nous, un élément de prospérité, car les exemples ne manquent pas pour montrer que telle mine abandonnée, comme épuisée ou comme ne fournissant plus de bénéfices, a donné lieu plus tard à de grandes productions, après avoir passé dans des mains plus heureuses, plus habiles ou plus expérimentées.

Enfin, la suspension de la déchéance des mines sans travail pouvait encore être funeste, en ce qu'elle donnait un libre cours aux spéculations éhontées, et qu'elle pouvait inspirer aux propriétaires l'idée de vouloir faire payer à de nouveaux acquéreurs l'argent gaspillé ou les fautes commises.

Parmi les causes qui ont pu réagir encore d'une manière défavorable sur les mines, nous pourrons rappeler que, dans la majeure partie de ce siècle, des contrées métallifères ont été complétement dépourvues de

chemins ou de routes. Des mines, anciennement riches, qui auraient pu le devenir encore, ne pouvaient y être mises en exploitation à cause de la difficulté des transports et de l'absence du combustible. Le manque de bois arrêtait aussi bien des exploitations.

Un décret de la Convention nationale, autorisant la vente des biens nationaux, autorisa aussi la vente des forêts, malgré toutes les réclamations du conseil des mines.

Des pays entiers furent dépouillés, et depuis cette époque on ne s'est jamais préoccupé du reboisement des montagnes au point de vue des mines.

Enfin, les lois sur les sociétés commerciales n'ont pas davantage favorisé l'industrie minérale comme elles la favorisaient partout ailleurs, en Espagne, en Angleterre, en Allemagne, en permettant une forme de société et une division du capital qui s'harmonisaient mieux avec le caractère aléatoire des mines.

X

Nous en avons dit assez pour montrer comment, après la période du moyen âge, les mines métalliques sont à peu près tombées, en France, dans un complet anéantissement, tandis que tout progressait autour d'elles ; pour faire voir que cette décadence, ainsi que nous l'avons dit plus haut, n'est pas due à la stérilité du sol ni à la concurrence résultant de la découverte de l'Amérique,

Nous en avons dit assez pour montrer qu'elle est due à des événements indépendants de la richesse des mines, à la défaveur qu'ont jetée sur les mines des insuccès provenant d'une grande inexpérience, et particulièrement à l'action administrative qui s'est exercée sur elles depuis plus de 400 ans, depuis la naissance de la centralisation jusque dans ces dernières années.

Néanmoins, afin de rendre plus saisissant encore l'effet de ce système qui pendant si longtemps a pesé sur la France, nous allons tâcher de faire voir par quelques exemples que les pays les plus fortunés aujourd'hui, malgré l'existence de grandes richesses minérales, n'auraient jamais pu devenir producteurs de métaux s'ils avaient été soumis au régime français et aux habitudes qui en ont été la conséquence.

En Espagne, après la promulgation de la loi sur les mines, en 1825, les montagnes se peuplent comme par enchantement ; plus de 3 000 mines de plomb sont ouvertes dans la Sierra de Gador, sur une étendue superficielle qui n'atteint pas 40 000 hectares.

Ces mines ont produit 42 000 tonnes de plomb en 1827, et cette production énorme exerça sur le prix de ce métal une action de baisse qui

fit craindre à ce moment la fermeture de beaucoup de mines d'Europe. Dans tous les cas, ce résultat eut pour effet de donner une haute idée de la richesse des mines de la Péninsule et d'attirer sur elles l'attention des capitaux.

En France, cette étendue, dans le siècle dernier, aurait été concédée à une seule personne ; dans le XIXe siècle et surtout sous le second empire, elle n'aurait été l'objet que d'un très-petit nombre de concessions. D'après nos habitudes ordinaires de lenteur en ce genre de travail, il aurait fallu plus d'un demi-siècle pour produire ce que les Espagnols avaient produit en un an, et l'on aurait dit que la France n'est pas riche en minerai de plomb.

En Angleterre, les mines d'étain du Cornouailles, ouvertes vers le commencement du XVIIe siècle, après l'appauvrissement des sables stannifères que l'on y avait exploités depuis longtemps, n'ont fourni que des pertes pendant les premières années de leur exploitation. Soutenues par la persévérance des bailleurs de fonds et par l'État, les travaux ont été développés dans la profondeur ; on y a trouvé de plus grandes richesses, et ces mines, après un grand nombre d'années prospères, fournissent encore aujourd'hui des bénéfices importants.

En France, ces mines concédées à un petit nombre d'exploitants n'auraient été soutenues ni par l'État, ni par la persévérance des actionnaires. Elles auraient été abandonnées après le premier insuccès, la défaveur serait tombée sur elles, et l'on n'aurait pas hésité à déclarer qu'elles étaient inexploitables, opinion qui les aurait suivies au travers des siècles et serait parvenue jusqu'à nos jours, sans que personne pensât à les ranimer ou à recueillir les richesses qu'elles renfermaient.

En Amérique, aux États-Unis, tout le monde se rappelle le retentissement que produisit la découverte des mines d'argent de Washoë, dans la Sierra-Nevada, en Californie.

Ces mines se trouvent dans la chaîne de Comstock sur une longueur de six kilomètres. 46 Compagnies placées à la suite les unes des autres, avec 44 machines à vapeur, ont extrait en 7 ans une valeur d'environ 400 millions de francs.

D'après les documents officiels parvenus au gouvernement de Washington, on voit qu'une de ces Compagnies a dû travailler plusieurs années avant de rien produire.

Si ce filon, ou plutôt si cet amas de veines et de filons se fût trouvé en France, s'il n'avait été travaillé dans aucune des époques antérieures au XIXe siècle, il serait très-probablement resté ignoré jusqu'à nos jours, car chez nous personne ne s'occupe de chercher des mines. C'est une affaire trop compliquée qui exige trop d'autorisations et de démarches.

Mais si le hasard l'avait fait découvrir, il aurait été concédé à une seule Compagnie qui aurait pu placer ses travaux sur les parties pauvres ou sur les parties riches.

Dans le premier cas, après quelques années d'insuccès, cette Compagnie aurait bientôt abandonné sans qu'elle cessât d'être propriétaire de la concession; personne n'aurait eu le droit d'aller faire de nouvelles recherches sur ce gisement, et l'on aurait considéré comme stérile et improductif un gisement qui, cependant, renfermait d'immenses richesses.

Pour le second cas, il est naturel de supposer que la Compagnie française aurait été 46 fois moins puissante que les 46 Compagnies américaines réunies, et qu'elle n'aurait pas apporté dans l'exécution de ses travaux cette activité fébrile qui fait la force et la puissance de la race anglo-saxonne; il est naturel d'admettre qu'elle aurait employé au moins 46 fois plus de temps que ces 46 compagnies à extraire ce qu'elles ont extrait en sept ans.

Il lui aurait donc fallu plus de trois siècles pour parvenir au même chiffre d'extraction; elle aurait obtenu un produit annuel de 1 300 000 à 1 400 000 francs, que dépassent ou qu'atteignent aujourd'hui les produits de plusieurs exploitations de la France, et l'on n'aurait vu dans les résultats obtenus qu'une chose fort ordinaire.

On n'y aurait rien trouvé qui fût de nature à exciter un entraînement quelconque ou à modifier l'opinion, relativement à la richesse du sol français. L'industrie des mines métalliques aurait suivi sa marche habituelle de lenteur et de doute, elle n'y aurait absolument rien gagné, et nous n'aurions pas cessé de voir notre pays privé des bienfaits d'une source féconde de travail, de fortune et de moralité.

Pour terminer cette note déjà bien longue, il faudrait maintenant démontrer, ainsi que nous le croyons, que la plupart des mines de la France, travaillées anciennement à diverses époques, se trouvent aujourd'hui dans des conditions plus favorables que jamais pour une exploitation avantageuse, et que la majeure partie de celles d'entre elles, qui, à diverses époques, ont donné des bénéfices, peuvent en donner encore aujourd'hui. Mais un tel travail, que nous ne désespérons pas de produire, exige une multitude de rapprochements et de recherches très-difficiles à faire ou à recueillir, et nous devons nous borner, pour le moment, à rappeler l'imperfection des moyens des anciens et les lourdes redevances que nous paraissent devoir largement compenser l'emploi de la vapeur et des chemins de fer, les perforateurs et l'application de la dynamite pour le percement économique des roches les plus dures, l'abaissement du prix des transports, du fer et de l'acier, et le perfectionnement de la préparation mécanique ou des procédés métallurgiques qui ont permis d'utiliser, dans ces dernières années, en Allemagne, en Grèce, en Sardaigne, les rebuts des exploitations ou des fonderies anciennes.

Si nous nous rappelons encore, ainsi que nous pouvons le voir dans les publications du comité des houillères, que des sommes considé-

rables ont été appliquées aux mines de houille, 100 millions aux mines d'Anzin, 44 millions dans le Pas-de-Calais pour une extraction de 900 mille tonnes, près de 9 millions dans la seule exploitation de Douchy, tandis que les capitaux sérieux appliqués aux mines métalliques, depuis soixante ans, ont été relativement insignifiants; si nous considérons que les mines de houille ne donnent pas, dans l'ensemble, des bénéfices aussi grands qu'on peut le supposer, nous sommes en droit de croire que si l'on appliquait, avec sagesse et une pratique éclairée, aux gisements métallifères nationaux, non pas les mêmes forces que pour les houillères, mais des forces plus importantes que celles qui leur ont été appliquées jusqu'à présent, on y réaliserait tout autant de bénéfices et l'on tirerait du sein de la France la majeure partie des métaux que l'on achète aujourd'hui à l'étranger.

Je viens d'exposer rapidement l'historique des mines métalliques de la France, tel qu'il résulte pour moi de l'examen des nombreux documents que j'ai étudiés.

J'ai montré que, suivant l'opinion des hommes les plus compétents, l'anéantissement qui a frappé cette branche de l'industrie minérale, depuis quatre cents ans, dépendait moins de la nature ou de la richesse des mines que des institutions qui les ont dominées, et des événements qui sont survenus;

Que ces institutions, dans le cours du XIXe siècle, paraissent avoir dépassé le but qu'elles se proposaient d'atteindre et n'avoir pas répondu aux espérances qu'avaient dû concevoir leurs fondateurs;

Que jamais, sous un tel régime, dans les circonstances de travaux anciens qui couvrent la France, aucune nation de la terre ne pourrait devenir un pays producteur de métaux.

Je crois enfin avoir montré l'impérieuse nécessité de rendre aux explorations la plus large liberté, de ranimer, par des moyens plus appropriés aux circonstances actuelles, les exploitations déchues, et de modifier les institutions qui régissent aujourd'hui les mines de manière à faciliter et à stimuler l'action de l'initiative individuelle et du temps.

Les événements qui viennent de s'accomplir sous nos yeux déterminent une séparation indiscutable entre la France d'hier et la France de demain.

Ces événements, dont on ne trouverait d'exemple qu'à de rares époques de notre histoire, qui ont couvert de ruines et de deuil une partie de notre sol et jeté la perturbation dans toute l'étendue de notre territoire, ont mis à nu bien des vices et montré combien avait été funeste le système centralisateur et hiérarchique.

Le voile qui couvrait les yeux du plus grand nombre s'est déchiré dans une lamentable catastrophe, et, à l'exception de ceux qui ne veulent rien voir ou de ceux qui placent leurs intérêts personnels au-dessus des intérêts de la patrie, tout le monde a compris la nécessité de modifier

ce système hiérarchique, l'une des grandes causes de nos désastres, de faire tomber les entraves qu'engendrait la routine, et de substituer aux moyens adoptés jusqu'ici l'application de principes entièrement libéraux qui, pouvant seuls multiplier l'action de l'initiative individuelle, faciliteront l'accroissement de la richesse nationale.

Dans de telles circonstances, il est du devoir de chaque citoyen d'apporter sa pierre à l'œuvre de reconstruction avec le droit que lui donnent les événement récents, avec le désintéressement qu'inspire le vrai patriotisme.

C'est dans cette pensée que j'ai porté ici modestement la mienne, sans autre prétention que celle de tâcher d'être utile.

MESURES QU'IL PARAÎTRAIT UTILE D'ADOPTER POUR FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DES MINES MÉTALLIQUES.

Le Mémoire précédent que nous avons l'honneur de présenter à la Société des ingénieurs civils n'avait pas seulement pour but d'exposer dans un cadre restreint l'histoire des mines métalliques de la France et les causes probables qui, depuis quatre siècles jusqu'à 1871, ont provoqué leur décadence et leur marasme, ou de démontrer que la défaveur qui les a frappées pendant tant d'années n'est pas justifiée; nous nous sommes particulièrement proposé d'attirer l'attention de la Société sur un sujet important qui, évidemment, se rattache aux intérêts du pays, soit par la nature de la production dont il s'occupe, soit par le travail plus répandu qui peut résulter de son étude, et nous avons eu surtout pour but de justifier des mesures qui nous paraîtraient utiles à adopter, mesures que nous croyons bonnes et que nous voulions soumettre à son appréciation.

Si nous ne nous sommes pas fait illusion, et si nous nous sommes exprimé comme nous le désirions, on a dû être frappé de voir que, partout autour de nous, en Allemagne, en Espagne, en Italie, les législations minérales ont été améliorées à diverses époques dans le cours du XIXe siècle, et notamment depuis vingt ans, tandis que la France, particulièrement en ce qui concerne l'obtention des concessions, c'est-à-dire pour ce qui touche de plus près à l'activité des explorations, restait toujours stationnaire et soumise à la loi de 1810, comme au cortége des décrets et instructions réglementaires qui l'ont suivie.

On a vu que, partout autour de nous, depuis moins de trente ans, en

Angleterre, en Allemagne, en Espagne, en Sardaigne, des mines nouvelles ont été ouvertes et des mines anciennes ont été reprises avec succès, malgré l'accroissement de la main-d'œuvre, tandis que la France, bien qu'elle ait ressenti aussi l'effet de ce mouvement général qu'imprimait la création récente des voies ferrées, ne fournissait que des produits métalliques insignifiants et achetait chaque année pour plus de 100 millions de métaux aux exploitations étrangères.

On a dû reconnaître que les causes d'un état si regrettable provenaient plus du fait des hommes et des événements que de celui des mines, que le territoire de la France n'a pour ainsi dire été ni exploré ni fouillé depuis près de cent ans, et que des parties essentiellement métallifères sont demeurées dans l'abandon depuis au moins trois siècles.

Dans de telles circonstances, il n'est personne qui ne sente la nécessité de rechercher les moyens de modifier, autant que possible, une pareille situation.

Cette nécessité est sentie depuis longtemps par tous les hommes qui ont parcouru nos montagnes et ont pu apprécier la valeur des substances métalliques qu'elles renferment; elle existe plus que jamais, et même impérieusement, après les événements qui viennent de frapper la France, quelle que soit la manière dont on veuille en considérer les mines au point de vue de leur richesse.

Nous disons quelle que soit la manière dont on veuille en considérer les mines au point de vue de leur richesse, car les institutions ou les tempéraments que nous appelons de tous nos vœux, destinés à exercer sur ces mines une bienfaisante influence, ne sauraient être établis d'après des idées préconçues relatives à leur plus ou moins grande richesse.

Il ne s'agit pas, en effet, de savoir si la France est riche ou pauvre en substances métalliques; il ne s'agit pas de rechercher s'il est vrai, comme nous le croyons et comme le croient avec nous les ingénieurs les plus compétents, que de grandes choses peuvent être faites sur les gîtes métallifères, ou si, au contraire, comme l'admet une opinion que nous jugeons superficielle, on ne doit en attendre que peu de résultats utiles.

La question n'est pas là, et il s'agit simplement de mettre les gisements métalliques de la France, quels qu'ils soient, à la portée la plus facile des travailleurs.

On sait, et tout le monde est d'accord là-dessus, que la France possède une grande étendue de montagnes susceptibles de renfermer des productions métalliques; on sait encore que des exploitations anciennes ont eu lieu à diverses époques sur de nombreux gisements, et cela suffit, sans aller plus loin, pour justifier toute mesure législative tendant à mettre ces montagnes et ces gisements dans une situation qui permette à l'initiative individuelle, la seule force véritablement féconde, d'exercer son action, soit pour l'exploration, soit pour l'exploitation, avec

une entière liberté, situation qui n'a pas existé jusqu'à présent depuis quatre siècles.

Cela suffit pour justifier, au nom de l'intérêt public, et pour le plus grand bien de l'industrie minérale, quelle qu'elle puisse être, toute institution modifiant la législation actuelle, et soumettant désormais les gisements métalliques, quels qu'ils soient, à la seule appréciation du public, le seul juge de l'emploi de ses capitaux, comme il l'est de ses convenances.

C'est cette situation nouvelle que l'on sent aujourd'hui plus que jamais nécessaire.

Sans doute, dans l'état actuel de la France, après les terribles épreuves qu'elle vient de subir, qui ont mis à nu tant de vices et tant d'infériorités, sans doute les administrations, en général, comprennent le besoin de réformer le système qu'elles avaient adopté; nous serions heureux d'apprendre que l'administration des mines, se mettant à la tête du mouvement, n'hésite pas à prendre l'initiative et s'occupe à rechercher les moyens de modifier avantageusement, pour nos intérêts, une législation vieillie, qu'il est nécessaire d'approprier aux circonstances nouvelles que les événements nous ont faites; mais, néanmoins, usant du droit que chaque citoyen possède de dire tout ce qu'il pense au sujet de l'intérêt public, nous croyons bien faire en fixant, dès à présent, l'attention sur quelques-unes des principales mesures à adopter qui nous semblent d'une utilité incontestable.

Nous soumettons ces mesures à la Société des ingénieurs civils, dans le but de provoquer sa sollicitude au sujet d'une question d'un très-grand intérêt.

Nous ne pouvions mieux faire; car, étant particulièrement composée d'ingénieurs qui appartiennent à toutes les écoles, elle représente véritablement aujourd'hui le génie civil de la France, et nous savons avec quel empressement elle accueille tous les travaux consciencieux dont le but est de chercher à accomplir un progrès ou une amélioration.

Ces mesures sont les suivantes :

1° Afin de rendre plus facile à atteindre et plus répandue la connaissance des mines métalliques et tout ce qui s'y rapporte, connaissance qui, en dehors de l'administration, a jusqu'ici presque complétement fait défaut et dont l'absence a nui au développement des mines, afin de centraliser et de conserver les traditions pour le passé comme pour l'avenir, il paraîtrait utile :

Que tous les documents historiques ou comptables, plans et cartes, existant à Paris, disséminés aux Archives[1], à la Bibliothèque nationale,

1. Des documents relatifs aux mines anciennes, d'un grand intérêt, existaient à la Cour des comptes; ils ont été malheureusement brûlés. Si la mesure que nous proposons aujourd'hui avait été appliquée, cette perte n'aurait pas eu lieu.

au Ministère, à l'École des mines, concernant les mines métalliques de la France dans tous les temps, soient réunis, catalogués et mis à la disposition du public;

Que tous les mémoires techniques des ingénieurs de l'État, manuscrits ou autres, existant à Paris, concernant les mines métalliques de la France, écrits depuis soixante ans, conformément à la circulaire du 17 août 1812, ou antérieurs à cette date, soient réunis, catalogués et mis à la disposition du public;

Que toutes les cartes géologiques de la France ou départementales se trouvent jointes aux dépôts précédents;

Que tous ces documents soient classés dans une salle publique, sous le nom d'*Archives des mines;*

Que tous les documents historiques, ou comptables, plans et cartes, anciens ou modernes, imprimés ou manuscrits, concernant les mines métalliques de la France, existant disséminés dans les départements, soient réunis, catalogués et mis à la disposition du public, dans une salle publique, au chef-lieu du département, sous le nom d'*Archives des mines du département;*

Que, pour le travail de l'avenir, tous les documents statistiques relatifs aux mines et l'indication des mines en recherche, dans chaque département, soient déposés à la fin de chaque année aux archives respectives.

2° Un fonds de un million a été affecté, par décret du 1er octobre 1868, à l'achèvement de la carte géologique de la France en appliquant annuellement 100 000 francs à ce travail.

Considérant que les cartes géologiques sont l'un des moyens les plus propres à étendre la connaissance des mines;

Qu'il ne paraît pas être d'absolue nécessité, surtout aujourd'hui avec les travaux déjà faits, de compléter ce travail en s'attachant à telle partie de la France plutôt qu'à telle autre, que l'étude de chacune des parties du territoire concourt à l'étude de la totalité, et sans méconnaître la haute importance des questions scientifiques, mais plaçant, pour le moment, au-dessus d'elles les questions d'intérêt matériel;

Considérant que l'état financier actuel de la France ne permet probablement pas d'augmenter les fonds déjà destinés à la carte géologique;

Il semblerait utile que les 100 000 francs indiqués plus haut soient appliqués, dès à présent, et uniquement à la géologie des départements miniers, avec texte, à l'étude pratique et approfondie de leurs gisements métallifères et à la publication de cette étude; à l'achèvement des cartes géologiques commencées dans ces mêmes pays, ou à la révision des gisements compris dans les cartes déjà faites et où ils manquent pour la plupart;

3° Que la statistique des mines et de leurs produits, si nécessaire à connaître comme moyen de comparaison et d'émulation, soit laissée à

l'initiative privée, et si elle doit continuer à être fournie par les fonctiontionnaires de l'État, qu'elle soit publiée *annuellement* pour la France, comme cela a lieu en Angleterre, comme cela a eu lieu en France, de 1834 à 1846, et que l'on cesse d'en être privé comme on l'est aujourd'hui en 1871, depuis 1864[1];

Que cette statistique renferme les chiffres d'importation et d'exportation ainsi que les prix des substances métalliques et métallifères, comme on le fait pour les houilles, chiffres indispensables pour se faire une idée des besoins et de la consommation du pays;

Que la même statistique soit faite pour l'Algérie et pour les colonies, pays pour lesquels elle n'a jamais été produite[2].

Considérant qu'il existe un grand nombre de concessions métallifères abandonnées depuis longtemps, que cet abandon est préjudiciable aux intérêts de l'industrie, en France comme en Algérie, il serait utile de provoquer l'application, au nom de l'intérêt public, si cette application n'est pas déjà faite, à chacune de ces concessions, de la loi de 1810 (art. 49), celle de 1838 (art. 6), de les mettre en demeure de travailler ou de les rendre au domaine public.

4° Il paraîtrait nécessaire que les institutions législatives fussent modifiées aussitôt que possible, sans oublier que les mines métalliques diffèrent essentiellement des mines de houille, non-seulement par la nature de leurs produits, par la forme ou les exigences de leurs travaux, par la disposition, au sein de la terre, des substances exploitées, mais surtout par leur situation respective : les mines de houille existent généralement dans les vallées au-dessous de terrains propres à la culture, les mines métalliques se trouvent, le plus souvent, dans les montagnes et dans des terrains sans valeur.

Dans l'intérêt des mines et de leur développement, dans le but de stimuler les explorations, il conviendrait :

— Que la concession d'une mine fut accordée au *premier demandeur*, avec le moins de frais et de formalités possibles, ainsi que cela a lieu chez toutes les nations étrangères;

— Que la concession des mines métalliques ait une étendue beaucoup

1. L'année 1847 des comptes rendus parut en 1854 avec les années suivantes jusqu'à 1852. Le dernier compte rendu parut en 1867 à l'époque de l'Exposition universelle, et il s'arrêtait à 1864.

L'administration des mines ne donnait annuellement, dans la situation de l'empire, que les produits des mines de houille et de fer.

2. C'est seulement en 1833 que l'administration commença à publier le compte rendu des travaux des ingénieurs des mines, conformément à la loi du 24 avril de la même année.

En 1848, le crédit qui servait à payer les frais de cette publication fut supprimé, le compte rendu cessa de paraître.

En 1850, une nouvelle loi prescrivit un compte rendu triennal.

moindre que celle des mines de houille, et que cette étendue ait un maximum déterminé par la loi;

— Que le travail des mines soit obligatoire pour le concessionnaire entre certaines limites;

— Que la déchéance des concessions abandonnées soit déclarée, d'après des règles fixes déterminées d'avance;

— Que la loi remaniée donne la plus large latitude pour la création des établissements miniers, écarte le besoin des autorisations, fasse une large part à l'initiative individuelle, et que son remaniement soit particulièrement fondé sur ce principe : en dehors de l'enseignement, tout pour et par le public, et rien par l'État.

5° Enfin, si nous considérons, comme cela résulte de l'étude exposée dans le mémoire précédent, que les mines, à l'exception de l'époque romaine, n'ont eu une activité réelle que sous le régime de la décentralisation; si nous considérons qu'après les Gaulois, les mines de la France furent travaillées, au temps des Romains, non pas comme mines de pays libre, mais comme mines de pays conquis, données, moyennant une redevance fixe à des publicains qui tiraient leurs profits de la sueur des esclaves et de celles des malfaiteurs; qu'à partir de cette époque et depuis l'invasion des Barbares, depuis environ treize siècles, les mines ne paraissent avoir eu leur plus grande activité et leurs temps les plus actifs qu'au moyen âge et dans la dernière moitié du XVIII[e] siècle, c'est-à-dire dans des temps où la France était divisée en souverainetés se gouvernant elles-mêmes, au-dessous du pouvoir suzerain, ou en provinces comme celle du Languedoc, régies par des conseils provinciaux qui s'occupaient de tous leurs intérêts matériels[1] :

Il y a lieu de se demander et d'étudier si l'intérêt des mines et l'intérêt de leur développement ne réclameraient pas que, désormais, elles fussent uniquement du ressort des conseils généraux qui, d'après la nouvelle loi, commencent une nouvelle époque de décentralisation, et ont dans leur dépendance le service des chemins vicinaux qui se lie intimement à la fortune des mines métalliques.

1. La plupart des grands travaux de la France entrepris à la fin du XVIII[e] siècle, comme les routes et les canaux, étaient faits par les États provinciaux. C'est par ordre des États de Languedoc que cette province fut étudiée au point de vue des mines par de Gensanne, et cette étude conduisit à l'ouverture d'un grand nombre de mines de houille ou métalliques.

Tableau des mines métalliques actives. — A.

ANNÉES.	PLOMB et ARGENT.	ANTIMOINE.	CUIVRE.	MANGANÈSE.	PLOMB.	ARGENT NICKEL COBALT.	ÉTAIN.	ZINC.	OUVRIERS.	SALAIRES.	PRODUITS.	TOTAL des MINES.	CONCESSIONS TOTAL.	CONCESSIONS INACTIVES.
										fr.	fr.			
1816	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	500,000	»	»	»
1836	9	11	7	8	»	»	»	»	1863	»	1,126,485	35	81	46
1845	4	9	2	4	2	»	»	»	»	»	»	22	»	»
1847	13	»	2	4	8	»	»	»	1240	499,172	1,023,186	27	»	»
1848	15	6	2	8	8	»	1	»	1202	387,491	875,063	40	»	»
1849	9	7	3	7	9	»	1	»	1461	337,383	917,998	36	»	»
1850	10	2	2	7	5	»	2	»	1649	422,404	1,078,512	28	»	»
1851	9	8	2	2	5	»	2	»	1684	418,879	1,111,441	28	»	»
1852	9	5	2	4	3	»	1	»	2103	686,505	1,398,728	24	125	101
1853	8	5	2	6	4	»	1	1	1771	644,476	1,087,465	27	»	»
1854	19	5	2	6	6	»	1	2	2316	875,605	1,386,917	41	»	»
1855	19	5	2	5	3	»	1	»	2056	1,227,282	1,585,976	35	»	»
1856	16	6	3	12	4	»	1	6	2651	1,425,995	1,425,995	42	»	»
1857	16	6	3	10	4	»	1	2	2520	1,270,953	2,411,210	46	»	»
1858	19	7	1	7	»	»	1	2	3439	1,358,774	2,707,494	37	»	»
1859	24	9	4	8	»	»	1	4	4228	1,820,984	3,572,417	50	»	»
1860	41	5	12	6	3	»	1	3	4505	2,023,627	3,735,819	61	»	»
1861	29	2	7	5	4	»	1	3	4440	2,356,999	3,986,046	51	»	»
1862	23	2	10	5	5	»	1	0	4425	2,722,693	3,984,294	46	»	»
1863	28	3	12	3	5	1	»	»	4296	2,433,634	4,532,245	52	»	»
1864	29	7	12	4	9	1	»	»	5013	2,651,005	5,306,812	62	202	140

(Corse non comprise, de 1860 à 1864.)

Il résulte de ce tableau :

1° Le nombre des mines actives, de 1836 à 1864 ;

2° Le nombre d'ouvriers employés, leurs salaires et les produits obtenus.

On y voit que les produits étaient insignifiants de 1845 à 1856, et que, de 1856 à 1864, ces produits se sont notablement accrus.

On y voit, par les trois chiffres exprimant, en 1836, 1852 et 1861, le nombre des concessions actives et inactives :

Que toujours plus de la moitié des concessions ont été dans l'abandon.

Produits en plomb et argent. (Minerais.) — B.

ANNÉES.	NOMBRE DE MINES ACTIVES.	VALEUR DES MINERAIS.	DÉPARTEMENT DU GARD.
		francs.	francs.
1816	»	»	0
1836	2	750,048	0
1845	»	»	0
1847	13	818,940	0
1848	15	776,023	0
1849	9	762,175	0
1850	10	849,217	0
1851	9	829,021	0
1852	9	968,532	0
1853	8	711,969	0
1854	19	1,041,420	47,918
1855	19	1,576,171	92,711
1856	16	1,222,514	93,493
1857	16	1,502,079	140,319
1858	19	1,545,365	77,596
1859	24	»	»
1860	41	2,457,159	268,067
1861	29	2,284,494	282,770
1862	23	2,280,950	282,593
1863	28	2,587,055	400,455
1864	29	3,039,933	527,042

NOTA. Tous les tableaux qui ne comprennent pas les importations ont été collationnés d'après les comptes rendus des ingénieurs des mines.

Produits des mines de Vialas, Pontgibaud, Poullaouen et Chessy. — B.

ANNÉES.	PLOMB ET ARGENT. Valeur des minerais.	ANNÉES.	MINES DE CHESSY. Valeur des minerais.
	francs.		francs.
1836	»	1836	256,304
1847	718,380	1847	42,700
1848	688,080	1848	16,264
1849	702,657	1849	47,974
1850	750,114	1850	59,230
1851	688,911	1851	65,214
1852	788,386	1852	121,991
1853	517,338	1853	96,856
1854	649,857	1854	70,914
1855	741,411	1855	321,455
1856	815,364	1856	422,610
1857	861,553	1857	399,866
1858	937,987	1858	395,203
1859	»	1859	»
1860	1,408,840	1860	546,256
1861	1,392,442	1861	1.126,670
1862	1,393,020	1862	1,210,228
1863	1,484,797	1863	1,575,719
1864	1,571,772	1864	2,057,343

Les produits des mines de Chessy, dans les dernières années, comprennent la valeur des pyrites de fer extraites.

Par l'examen des tableaux B, rapprochés de l'ensemble général du tableau A, on voit que dans toute cette longue période, de 1836 à 1864, les produits des mines ont été en grande majeure partie fournis par trois ou quatre mines de plomb et argent.

Au 1er janvier 1866, il y avait 93 demandes en concessions de mines métalliques. Malheureusement ce chiffre de 93, extrait des comptes rendus de 1867, comprend les mines de fer, de graphite, de bitume, de pyrites et de soufre, et nous ne pouvons y distinguer celui qui concerne les mines de plomb, cuivre, etc.

On peut conclure :

1° Que la plupart des concessions ont toujours été dans l'abandon ;

2° Que la France n'a pas été explorée d'une manière sérieuse dans tout le cours de ce siècle ;

3° Que le sol français peut être productif;

4° Qu'il y a eu une tendance à la reprise des mines, particulièrement depuis 1856, malgré l'accroissement de la main-d'œuvre.

NATURE DES CONCESSIONS. AU 31 DÉCEMBRE 1865.	NOMBRE DES CONCESSIONS.	ÉTENDUE SUPERFICIELLE.		SURFACE MOYENNE.
		kil. c.	hect.	hectares.
Antimoine	29	152	95	527
Manganèse	22	77	28	351
Plomb et alquifoux	19	165	09	868
Plomb et argent	46	725	33	1576
Cuivre	19	306	97	1615
Plomb, argent, zinc, cuivre	60	989	38	1648
Or, argent, etc	3	15	39	513
Arsenic	2	5	50	275
Étain	2	184	61	9330
Total	202	2622	50	1298
Concessions abandonnées	140.			

MINES DE HOUILLE. AU 31 DÉCEMBRE 1865.	NOMBRE DES CONCESSIONS.	ÉTENDUE SUPERFICIELLE.		SURFACE MOYENNE.
		kil. c.	hect.	hectares.
	595	5631	·72	929

Ce tableau montre l'étendue moyenne des concessions de chaque nature, et en même temps il fait voir que les concessions métalliques accordées en France sont beaucoup plus grandes que les concessions étrangères analogues, et plus étendues que les concessions de houille, contrairement à ce qui se passe dans les pays voisins les mieux cultivés.

Étendue des concessions à l'étranger :

	Houille.	Métaux.
Suède,	12h,67	3h,16
Autriche,	36 ,00	18 ,00
Prusse,	218 ,00	10 ,92
Espagne,	30 ,00	12 ,00
Belgique,	450 ,00	178 ,00
Sardaigne	(maximum)	400 ,00

Produits des mines en activité par nature de minerais.

(En tonnes de minerais) de 1847 à 1864. — D.

Années.	Manganèse.	Plomb argentifère.	Plomb.	Antimoine.	Cuivre.	Zinc.	Étain.	Nickel et cobalt.	Pyrite de fer.
	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.
1847	3138.9	3041.8	3.5	11.0	3050.0	»	»	»	»
1848	865.5	2933.7	26.2	14.3	1285.0	»	7.7	»	»
1849	702.3	3698.6	189.1	108.4	4962.0	»	5.7	»	»
1850	1254.0	14341.4	575.5	59.1	5031.2	»	21.8	»	»
1851	1208.7	5169.1	1815.3	27.6	5621.9	»	8.5	»	»
1852	2179.9	7816.4	3594.3	6.0	9284.9	»	3.1	»	»
1853	2915.7	42388.8	»	24.8	8761.0	1401.2	16.0	»	»
1854	2803.2	51266.3	29.7	25.8	6216.3	2222.1	14.0	»	»
1855	2796.9	64040.8	35.8	32.6	9291.5	1011.6	9.2	»	»
1856	5833.2	68561.6	3.0	50.4	12371.7	1925.8	2.6	»	»
1857	5470.2	59696.4	»	99.9	11260.7	2164.9	6.4	»	»
1858	6598.5	56145.9	25.8	672.9	11988.3	2741.1	13.5	»	»
1859	7049.0	»	»	»	»	»	»	»	»
Minerais préparés, bons à fondre ou à vendre.									
1860	6725.5	12810.4	62.2	376.9	14525.7	3226.3	24.5	»	36210
1861	4754.8	12863.0	82.6	220.0	41039.4	962.7	14.8	»	36240
1862	7204.4	13688.5	93.3	115.0	44670.1	826.5	9.6	»	33157
1863	4076.4	15005.5	153.6	22.3	67207.9	977.8	»	22.5	28717
1864	2831.7	14190.9	550.0	78.9	86739.4	978.7	»	26.1	40641

Importation des minerais étrangers.

(Commerce spécial) de 1858 à 1868. — E.

Années.	Cuivre.	Plomb.	Zinc.	Étain.	Cendres d'orfévre.	Divers.	VALEUR DES MINERAIS importés en 1864.	
	t.	t.	t.	t.	t.	t.		
1858	4083	15641	»	137	813	124		francs.
1859	5418	25502	»	186	950	557		
1860	4350	25353	»	190	980	944	Cuivre..........	4,594,350
1861	5623	18105	»	118	1145	1328	Plomb..........	4,931,150
1862	8857	12066	»	519	1153	2008	Zinc...........	849,420
1863	8860	10875	3586	52	1199	3533	Cendres d'orfévre.	2,450,296
1864	7749	11342	4457	»	1247	8162	Divers..........	1,224,383
1865	6152	6374	4712	2149	1199	350	Total...	13,600,599
1866	4190	10420	3854	»	1325	895		
1867	3654	11778	7130	»	1181	3		
1868	5634	12249	8695	»	»	173		

Les tableaux D et E donnent les produits des mines, par nature de minerais, et les importations de minerais étrangers.

Ils confirment les conséquences des tableaux précédents, et montrent que les mines particulièrement travaillées ont été les mines de plomb et argent, de manganèse et de pyrite de fer.

Importation des métaux autres que le fer, de 1858 à 1868 (en tonnes). (Commerce spécial.)

Années.	Manganèse.	Cuivre.	Plomb.	Mercure.	Zinc.	Etain.	Nickel.	Cobalt.	Arsenic.	Antimoine.	Argent brut.
	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	t.	kil.
1858	»	1170	20283.5	125.9	24015.4	2536.9	17.7	46.7	11.7	17.2	77000
1859	»	12331	22147.6	145.3	23801.7	3278.1	21.1	50.0	4.3	27.0	60081
1860	»	13239	15283.7	167.7	30493.9	2885.7	21.0	45.2	2.2	0.7	60105
1861	»	15817	17382.7	162.9	37686.8	3490.2	28.0	40.2	4.0	2.1	102495
1862	»	13019	17170.0	176.7	28809.6	3514.5	10.1	39.8	»	88.5	137483
1863	»	16132	17164.4	197.4	25583.9	3056.2	35.4	36.6	»	118.4	157894
1864	9003	16108	17402.7	190.5	28130.8	4235.8	34.8	40.6	»	109.8	317001
1865	»	15711	32977.0	225.7	31855.0	1954.5	47.2	47.0	5.9	158.5	468163
1866	15033	17962	31606.0	270.8	32119.1	4223.6	30.2	49.4	38.7	178.7	338917
1867	20148	18975	36303.1	184.3	3831 .5	3888.0	0.7	45.4	46.7	157.2	320655
1868	21834	19387	34153.7	292.9	35939.7	4149.4	»	»	»	»	97693

Valeur des importations sans l'or ni l'argent.

Dates.	Valeur.
En 1820...................	15,077,290 francs.
1864...................	74,986,284 —
1868...................	87,372,561 —

Valeur de l'argent brut et monnayé importé.

Dates.	Valeur.
En 1866...................	250,051,179 francs.
1867...................	254,471,118 —

Ce tableau, donnant l'importation des métaux de tous genres, montre que cette importation a été croissante, de 1820 à 1868, dans des proportions considérables, et qu'elle a acquis une importance très-grande pour les métaux, tels que le manganèse, le cuivre, le plomb, le zinc, l'étain et l'argent.

L'examen de ce tableau montre toute l'importance qui se rattache à l'étude sérieuse des mines métalliques de la France, en même temps

que la nécessité de modifier les institutions qui les ont régies jusqu'à présent.

Il montre encore que l'application de l'article 49 de la loi de 1810, pouvant déclarer la déchéance des mines abandonnées et leur retour dans le domaine public, serait un acte de toute justice.

Production métallique des usines de France, de 1816 à 1864.

Années.	Cuivre et laiton.	Plomb et litharge.	Zinc.	Étain.	Or.	Argent.	Aluminium.	Cobalt.	Manganèse.	Valeur.
	t.	t.	t.	t.	grammes.	kilog.	t.	t.	t.	francs.
1816	164.4	125.4	»	»	»	500	»	»	77.8	557739
1820	124.0	708.0	»	»	»	988	»	»	206.0	[illegible]
1825	146.2	900.2	»	»	»	1123	»	»	755.0	1195142
1830	274.5	794.5	»	»	»	1807	»	»	432.0	1199347
1835	95.2	642.8	»	»	»	1756	»	»	1700.0	[illegible]
1840	109.0	495.8	»	»	»	1915	»	»	3593.0	948035
1845	144.0	[illegible]	»	»	»	2824	»	»	2193.0	1380064
1850	882.0	649.6	»	»	»	3951	»	»	1254.0	3345417
1855	7190.4	5497.7	»	»	240284	9061	»	»	2796.0	[illegible]
1860	8441.3	36338.8	124.4	80.2	515512	48837	»	»	»	56916690
1862	12621.3	15292.7	1124.0	7.9	507762	22152	1.15	»	»	45751967
1864	16415.6	17196.1	1449.0	»	765010	[illegible]	1.20	4.7	»	[illegible]

Ce dernier tableau montre que la production des métaux dans les usines de France, à l'aide de minerais indigènes ou étrangers, de vieux cuivres et des cendres d'orfèvre, a centuplé depuis 1816.

Elle a augmenté particulièrement depuis 1855, quand ont été fondées en France de nouvelles usines, telles que :

Celle	de Carnoulès	(Gard)	1855
—	de Bouc	(Marseille)	1856
—	des Catalans	—	—
—	de l'Escalette	—	—
—	de la Pise	(Gard)	1857
—	de Saint-Louis	(Bouches-du-Rhône)	185
—	de Septèmes	—	186
—	de Viviers	(Aveyron)	—

LOI DE 1810.

Recherches de mine. — Le propriétaire du sol n'est astreint à aucune formalité de demande tant qu'il n'extrait pas de minerai. — Les recherches sont soumises à la surveillance administrative. — La vente des produits de recherches ne peut être faite qu'après autorisation ministérielle. (Texte annoté de la loi, par M. Lamé-Fleury.) Avec le premier minerai extrait et la demande de concession commencent les formalités.

Art. 31. — « Plusieurs concessions pourront être réunies entre les « mains du même concessionnaire, soit comme individu, soit comme « représentant une même Compagnie, mais à la charge de tenir en activité l'exploitation de chaque concession. »

Cet article fut abrogé par le décret du 23 octobre 1852. Mais il démontre l'esprit dans lequel la loi a été conçue relativement au travail des concessions.

On voit que, dans cet esprit, le travail des mines était obligatoire.

Art 39. — « Le produit de la redevance fixe et de la redevance pro- « portionnelle formera un fonds spécial, dont il sera tenu un compte « particulier au Trésor public, et qui sera appliqué aux dépenses de « l'administration des mines et à celles des recherches, ouvertures et « mise en activité des mines nouvelles ou rétablissement de mines an- « ciennes. »

Par suite de la loi des finances du 23 septembre 1814, les redevances ont été confondues dans les produits généraux de l'État. — Il n'y a plus eu de compte particulier au Trésor. — La loi a cessé d'être appliquée et l'administration des mines n'a plus eu à sa disposition que des fonds insignifiants.

Art. 49. — « Si l'exploitation est restreinte ou suspendue de ma- « nière à inquiéter la sûreté publique ou les besoins des consomma- « teurs, les préfets, après avoir entendu les propriétaires, en rendront « compte au ministre de l'intérieur pour y être pourvu ainsi qu'il ap- « partiendra. »

La France payant chaque année plus de 100 millions au commerce étranger pour achat de métaux, il est clairement démontré que, sans ces achats, les besoins des consommateurs auraient été inquiétés et que, par conséquent, en vertu de cet article, il y avait lieu de mettre les concessionnaires en demeure de travailler ou d'abandonner leurs concessions qui dès lors rentraient dans le domaine public.

ÉTUDE

SUR LES

CHEMINS DE FER DE MONTAGNES

AVEC RAIL A CRÉMAILLÈRE

PAR M. A. MALLET.

1° SYSTÈME RIGGENBACH

Chemin de fer du Rigi
Chemin de fer d'Ostermundingen

2° SYSTÈME WETLI

CONSIDÉRATIONS SUR L'EMPLOI DES FORTES RAMPES.

L'emploi de fortes rampes dans un tracé de chemin de fer, d'un avantage indiscutable si l'on n'envisage que le coût du premier établissement, se trouve rapidement circonscrit dans des limites très-restreintes si l'on s'écarte de cet ordre de considérations, pour aborder la question non moins importante de l'exploitation.

A l'origine des chemins de fer, on ne supposait pas que l'adhérence due au poids des machines fût suffisante pour déterminer la progression sur les rails, et on se heurta contre une difficulté tout à fait imaginaire jusqu'à ce que l'expérience en eût fait justice; mais cette erreur ne disparut pas sans laisser après elle des traces persistantes, car pendant longtemps on admettait comme démontré que les machines-locomotives étaient incapables d'être employées avantageusement à remonter des rampes, même très-faibles, et on écartait à grands frais des tracés les inclinaisons supérieures à 4 ou 5 millimètres par mètre.

Ce ne fut qu'à la longue que les ingénieurs se familiarisèrent avec l'emploi des rampes et dépassèrent ces limites réputées infranchissables. Aujourd'hui, on remonte avec des locomotives nombre de plans inclinés construits à l'origine pour être exploités au moyen de machines fixes.

Il convient, néanmoins, de distinguer entre des rampes de faible longueur, exploitées dans des conditions climatériques favorables, avec des charges faibles ou médiocres, et des profils accidentés présentant de longs développements et devant être régulièrement exploités en tout temps avec un trafic considérable. Les conditions sont très-différentes, aussi est-il impossible de fournir dans ces questions de solution générale.

Le mode de locomotion intervient d'ailleurs d'une façon capitale.

Jusqu'ici, le moteur à peu près exclusif sur les chemins de fer a été la locomotive agissant par l'adhérence due à la pression qu'exercent ses roues motrices sur les rails de support. On sait que, dans ce mode de propulsion, la limite des rampes franchissables est rapidement atteinte. En effet, si la machine peut théoriquement remonter *seule* sur une rampe dont l'inclinaison *maxima* se trouve déterminée par le coefficient d'adhérence, et peut varier de 100 à 200 millimètres par mètre, suivant les cas, elle ne sera capable d'exercer *pratiquement un travail utile* que sur une pente bien moindre. La limite de cette pente ne peut pas être établie bien rigoureusement. Au chemin de fer de Tavaux-Pontséricourt, construit par MM. Molinos et Pronnier, les machines locomotives, pesant 7 500 kilogrammes, remontent une rampe extrême de 75 millimètres par mètre, avec une charge de 8 à 10 tonnes : il convient de dire que ces rampes extrêmes n'ont qu'une très-faible longueur.

En Amérique, des locomotives ont remonté le Mountain Top-Track, présentant des pentes de 56 millimètres. Enfin, le chemin de fer d'Enghien à Montmorency a des rampes qui ont jusqu'à 45 millimètres par mètre.

Au-dessous de ces inclinaisons, qu'on peut appeler exceptionnelles, on trouve de nombreux exemples, surtout en pays de montagnes; nous nous bornerons à citer ici les plans inclinés de Saint-Germain et du Giovi, de 35 millimètres; quant aux pentes de 25 à 30, elles ne sont plus rares aujourd'hui.

On est donc conduit à admettre que les locomotives à simple adhérence ne sauraient gravir *utilement* des rampes supérieures à 7 ou 8 centimètres, et que, au delà d'inclinaisons bien moindres dont la limite *extrême*, qui n'a rien d'absolu, pourrait peut-être se placer vers 40 ou 50 millimètres, leur emploi ne sera possible que si les rampes sont très-courtes, les charges faibles, et les conditions d'exploitation particulièrement favorables.

On a pu, en modifiant les conditions d'adhérence, remonter des pentes égales ou supérieures à 80 millimètres avec des locomotives spéciales.

Ainsi le chemin de fer Larmanjat, entre le Raincy et Montfermeil, présente des inclinaisons de 80 millimètres; le chemin de fer à rail central du Mont-Cenis remontait également des rampes de 80 millimètres: mais il faut remarquer que ces deux exemples ne sont pas très-instructifs, parce que ces chemins ont été établis sur des routes ordinaires et que, par conséquent, les pentes n'ont été nullement déterminées par les conditions propres des systèmes.

Pour des rampes plus fortes, on emploie les systèmes funiculaires. Le chemin de fer de la Croix-Rousse présente une inclinaison de 16 0/0; rien évidemment ne limite dans ce cas la pente, car il n'est pas plus difficile de monter verticalement une benne dans un puits de mine qu'un wagon sur un plan incliné ; mais les systèmes funiculaires deviennent d'un emploi peu commode dès que la longueur du plan incliné est un peu grande, ou qu'il y a des courbes. On sait que M. Agudio a proposé des solutions très-ingénieuses pour surmonter ces difficultés, son appareil n'a pas encore reçu la consécration de la pratique.

On est tout récemment parvenu à faire remonter à des locomotives des pentes bien supérieures à tout ce que nous avons vu jusqu'ici; c'est la description de ce système actuellement mis en pratique, et fort peu connu, qui fait l'objet de cette étude.

Le principe, disons-le de suite, ne se recommande pas par une grande originalité de conception; il a même contre lui d'avoir été essayé, mais pour un autre but, dès l'origine des chemins de fer. On se rappelle qu'à l'époque où l'adhérence due au poids seul des machines était jugée incapable de déterminer la progression, on essaya, entre autres dispositions bizarres, l'emploi de roues dentées engrenant avec une crémaillère posée le long des rails. Cette idée est attribuée à un ingénieur nommé Blenkinsop[1].

Lorsqu'on eut reconnu qu'il était parfaitement inutile de recourir à ces artifices, la crémaillère fut reléguée dans le domaine des propositions excentriques, et il existait à son égard une prévention telle, qu'il y a deux ans deux savants professeurs de l'École polytechnique de Zurich (il est vrai que le chemin du Rigi ne marchait pas encore), écrivaient : « Une « locomotive munie d'une grande roue dentée et gravissant péniblement « le long d'une crémaillère ordinaire est, au point de vue mécanique, « une *énormité.* » Ces messieurs oubliaient bien vite le proverbe un peu trivial, disaient-ils, qu'ils venaient de citer quelques lignes plus haut : « Probiren geht über studiren. Expérience passe science. »

Rien n'est absolu en mécanique industrielle; là, comme trop souvent ailleurs, le succès justifie tout. Il est réellement curieux, à notre avis, de

1. John Blenkinsop se fit patenter le 10 avril 1811, *for certain mechanical means of conveyging coals, etc.* Il est à remarquer que sa machine est la première qui ait été disposée avec deux pistons à mouvements *croisés.*

voir la crémaillère, jadis supplantée par l'adhérence sur les chemins de niveau où elle n'avait aucune raison d'être, venir à son tour suppléer à l'impuissance de sa rivale à la remonte des rampes.

M. Riggenbach, ingénieur du matériel et de la traction du chemin de fer Central suisse, auteur des chemins que nous allons décrire, avait depuis plusieurs années poursuivi ses études sur l'emploi de la crémaillère pour remonter les fortes rampes; il avait fait des essais sur une petite échelle sans pouvoir réussir à faire employer son système en Europe. Grâce à l'esprit entreprenant des Américains, ce fut aux États-Unis que fut faite la première application du système à crémaillère sur un plan incliné.

Voici les renseignements que nous avons pu recueillir à ce sujet.

Le chemin de fer établi en 1868, à Mount-Washington, dans le New-Hampshire, franchit une différence de niveau de 1 100 mètres environ; son développement est de 4 500 mètres.

L'inclinaison est en moyenne de 24 centimètres par mètre et atteint dans une partie la valeur maxima de 33 0/0; cette pente est telle, que ce n'est qu'avec les plus grandes difficultés que les ouvriers ont pu procéder à l'établissement du chemin.

Il y a trois rails dont deux de support, et un rail central à crémaillère.

La machine pèse 4 tonnes seulement; la chaudière est suspendue de manière à conserver la même position, quelle que soit l'inclinaison du chemin (par parenthèse, cet arrangement devait singulièrement compliquer le tuyautage); la roue dentée qui engrène avec la crémaillère a $0^m,460$, soit 18 pouces anglais de diamètre; la machine pousse devant elle un wagon pouvant contenir 50 personnes; à la descente, la vitesse est modérée au moyen d'un frein à air; de plus, le wagon et le tender portent une roue dentée engrenant avec la crémaillère et servant de modérateur ou de frein; enfin des galets de friction sont disposés pour empêcher la roue dentée de sortir de la crémaillère; la durée de l'ascension est de une heure vingt minutes, y compris deux arrêts intermédiaires.

SYSTÈME RIGGENBACH

1° CHEMIN DU RIGI.

L'application dont nous venons de parler paraît avoir été peu connue en Europe; on la considèra tout au plus comme une excentricité américaine et on n'y attacha aucune importance. Cependant M. Riggenbach, encouragé par cette heureuse tentative, se décida à faire l'essai de son système au Rigi.

Le choix de la localité était des plus heureux.

Tout le monde connaît, au moins de nom, cette belle montagne isolée, située entre le lac des Quatre-Cantons et le lac de Zug. Le Rigi, d'où l'on jouit d'un vue incomparable, comme étendue et comme variété, sur les lacs et la chaîne de l'Oberland, est excessivement fréquenté par les touristes; on n'évalue pas à moins de 40 à 50 000 le nombre annuel des voyageurs qui en font l'ascension : aussi y a-t-on construit, tant au pied qu'à différents points des sommets, de magnifiques hôtels installés avec tout le confortable que présentent ces établissements en Suisse.

L'ascension du Rigi se fait par plusieurs routes établies toutes dans les mêmes conditions, c'est-à-dire praticables seulement pour les piétons et les chevaux ou mulets; les personnes qui ne peuvent supporter ces deux modes de locomotion en sont réduites à se servir de chaises à porteurs; les provisions de toute sorte à l'exception du lait et du beurre viennent d'en bas et doivent être montées à dos d'hommes ou de bêtes de somme.

L'ascension par la plus courte des quatre routes, celle qui part de Wæggis, exige trois heures et demie ou quatre heures. On comprend facilement que s'il était possible de faire opérer le trajet dans des conditions améliorées, c'est-à-dire plus rapidement, sans fatigue et sans rien faire perdre de la vue qui fait le principal attrait de l'excursion, on trouverait dans l'affluence des touristes, et accessoirement dans le transport des objets de consommation, un élément de trafic assuré et rémunérateur; mais il fallait pour cela employer des moyens tout à fait spéciaux.

La hauteur verticale du Rigi-Kulm, au-dessus du lac de Lucerne, est

de 13 à 1 400 mètres[1] et l'espace manque absolument pour développer un tracé qui, avec les rampes les plus fortes employées jusqu'ici, aurait dû avoir 30 à 40 kilomètres de longueur.

Comme le chemin devait être établi sur le flanc de la montagne et présenter, par suite, de nombreuses courbes, on ne pouvait songer à employer des systèmes funiculaires; il faut enfin remarquer que le trafic a lieu principalement à la montée : en effet, il y a plus de voyageurs à l'ascension qu'à la descente (parce que celle-ci est moins pénible et que quelques personnes éprouvent encore une certaine appréhension pour la descente par le chemin de fer), et, de plus, on n'a guère à descendre comme marchandises que des emballages, fûts vides, etc.

La concession du chemin de fer du Rigi fut demandée au gouvernement de Lucerne par MM. Riggenbach, Næff et Zschokke, et accordée au commencement de 1869. Une faible partie du chemin, entre le Rigi-Staffel et le Rigi-Kulm, est sur le territoire de Schwitz; le gouvernement de ce canton mit peu d'empressement à accorder les autorisations nécessaires, de sorte qu'actuellement le chemin ne va que jusqu'à la limite des deux cantons, mais les travaux sont assez avancés pour que la dernière portion, qui est d'ailleurs très-courte, puisse être mise en exploitation l'été prochain.

Le contre-coup des événements politiques s'est fait sentir sur ces travaux; les rails et diverses pièces qui avaient été commandés en France n'ont pu être livrés à temps; il en est résulté des retards pour l'ouverture du chemin, dont l'inauguration n'a eu lieu que le 21 mai 1871.

TRACÉ. — Le tracé part de Vitznau, au pied du versant sud du Rigi, du bord même du lac, où les bateaux à vapeur venant de Lucerne, en moins de trois quarts d'heure, déposent les voyageurs.

Une grande plaque tournante permet aux machines placées sur trois voies parallèles, dans une remise qui termine la ligne, d'arriver sur la voie principale devant le bâtiment de la station élégamment construit en briques et bois.

Le chemin traverse le village de Vitznau avec une pente de 67 millimètres par mètre; il franchit sur un remblai assez élevé un ravin large et profond, la pente est ici de *vingt-cinq centimètres par mètre;* puis il traverse un contre-fort de rocher par un souterrain de 80 mètres de longueur, à la suite duquel se trouve l'ouvrage d'art capital de la ligne, le viaduc de 75 mètres de longueur, sur le Schnurtobel qui coule à 23 mètres de profondeur. Ce pont, qui sera décrit plus loin en détail, est été

1. La carte fédérale, dressée sous la direction du général Dufour, donne pour la cote du Rigi-Kulm 1800 mètres et pour celle du lac, 437 mètres au-dessus du niveau de la mer; en supposant le point de départ à Vitznau à 440 mètres, ce serait une différence de niveau de 1 360 mètres.

bli avec une inclinaison de 25 0/0 et présente en plan une courbe de 180 mètres de rayon.

Au delà du pont, à la suite d'un nouveau remblai, le chemin est taillé sur le flanc d'un rocher abrupt; les travaux ont présenté dans toute cette partie de grandes difficultés et ont été fort coûteux. On arrive ainsi à un endroit appelé Freibengen, où est établie la prise d'eau d'alimentation des machines et une voie de garage; de là, jusqu'à la station de Kaltbad, le tracé suit sensiblement la pente du terrain avec des inclinaisons variant entre des limites assez rapprochées, de 19 à 25 0/0.

Du Kaltbad à l'endroit où le chemin se termine actuellement, à quelques minutes du Rigi-Staffel, il n'y a rien à signaler; la pente est toujours sensiblement la même.

La partie exploitée a 5 340 mètres de longueur; la différence de niveau franchie est d'un peu plus de 1 200 mètres.

VOIE. — La voie représentée, sur les figures 3 et 4, se compose de deux éléments : la voie proprement dite, c'est-à-dire les rails de support et la crémaillère, qui est l'organe essentiel du système.

La voie a l'écartement ordinaire; il n'y avait pas d'intérêt à réduire cet écartement, et l'emploi de la voie courante donnait toute facilité pour le transport du matériel roulant des ateliers d'Olten, où il a été construit, jusqu'à Lucerne.

Les rails sont du type Vignole, pesant 16k,5 par mètre courant; ils sont fixés par des crampons sur des traverses espacées de 0m,750; deux longrines latérales, solidement reliées aux traverses par des tire-fonds forment avec elles un grillage bien enraciné dans le sol. Il était indispensable de donner à la voie une assiette très-solide, car dans les fortes rampes le poids du train tend à l'entraîner : aussi ne s'est-on pas contenté de noyer les traverses dans le ballast; on a établi de distance en distance des massifs en pierre de taille, enterrés à 1m,50 dans le sol et servant à retenir les traverses.

Les rails sont éclissés à la manière ordinaire. La crémaillère, représentée fig. 4, pl. 28, repose sur les traverses auxquelles elle est fixée par des tire-fonds. Elle présente une disposition spéciale destinée à lui assurer une grande solidité; car la pression que lui transmet la machine dépasse 5 000 kilogrammes; de plus, on peut remplacer les dents avariées ou brisées.

La crémaillère se compose de deux fers laminés à rebords écartés intérieurement de 125 millimètres; ces fers ont 120 millimètres de hauteur et les rebords 60 de large; le poids du mètre courant de ce fer est de 21 kilogrammes.

Les dents en fer laminé ont la section représentée sur le dessin fig. 4, pl. 28. Elles pénètrent dans les fers à rebords par des trous circulaires avec parties méplates, pour que les dents ne puissent pas tourner;

elles sont rivées au dehors. Le pas, ou l'écartement d'axe en axe de deux dents voisines, est de 100 millimètres.

L'ajustement des dents est fait avec une grande précision; la crémaillère est construite par parties de 3 mètres de longueur comprenant 30 dents, les joints sont faits par des platines en fer boulonnées.

Dans les courbes, les dents ne doivent pas, on le comprend, être parallèles; elles doivent converger vers le centre. L'exécution de ces parties présente quelque difficulté; on a, pour simplifier la construction, adopté pour toutes les courbes un rayon uniforme de 180 mètres.

Avec ce rayon, les écartements de centre en centre des dents, de 100 millimètres sur l'axe de la crémaillère, deviennent 100m/m,035 sur le fer extérieur (face interne) et de 99m/m,965 sur le fer intérieur; la différence, soit 7 centièmes de millimètre, n'est pas de l'ordre des grandeurs appréciables pratiquement; cependant, répétée sur les 30 dents d'une portion de crémaillère, elle représente une somme de 2m/m,1, ce qui commence à n'être plus négligeable[1].

Il semble qu'en présence d'aussi faibles valeurs, on aurait pu sans inconvénient employer des courbes d'un rayon inférieur à 180 mètres; mais il est probable que l'ingénieur aura, pour une première application, cherché à se mettre dans les conditions les plus favorables et évité avec soin tout ce qui pouvait compliquer le travail confié à l'engrenage.

On remarque, (fig. 4, pl. 28) que le joint de deux portions voisines de crémaillères ne tombe pas exactement au milieu de l'intervalle de deux dents; on comprend facilement pourquoi : c'est afin de ménager une épaisseur suffisante de métal pour résister à la pression exercée sur les dents par le poids du train, résistance pour laquelle la dernière dent de chaque portion de crémaillère se trouve dans les conditions les plus défavorables. L'expérience a conduit à diviser l'écartement de 100 millimètres en 43, 56 et un millimètre pour le joint.

M. le professeur Kronauer, dans le travail que nous avons mentionné plus haut, indique les résultats de quelques essais faits pour apprécier la résistance à l'arrachement des dents dans ces conditions, et qui démontrent que la disposition adoptée donne la sécurité la plus complète.

CHANGEMENTS DE VOIE. — Avec le système à crémaillère, on ne peut employer les changements de voie des chemins ordinaires. On se sert de portions de voie mobiles sur des galets et très-analogues à des plaques tournantes. Ces voies mobiles, formées de deux rails et d'une portion de crémaillère, ont une longueur suffisante pour recevoir les trains, soit 12 à 15 mètres, et peuvent se mettre en rapport avec les unes ou les autres des voies fixes.

1. Avec le rayon de 180 mètres, la flèche de l'arc, pour une longueur de trois mètres, serait de moins de 7 millimètres.

Il y a deux appareils de ce genre : l'un à la gare de Vitznau, qui dessert les trois voies de la remise des machines et des voies de garage pour wagons; l'autre à un point intermédiaire de la ligne, à Freibengen, où se trouve une voie de garage.

Ces appareils sont très-dispendieux, aussi les a-t-on par trop ménagés. L'absence d'une voie de garage au point extrême actuel de la ligne produit de sérieux inconvénients. Nous nous trouvions un jour à la station du Staffel, lorsqu'après notre train y arriva une machine remorquant un wagon rempli de pièces de vin. Faute d'une voie de garage, il fallut : 1° décharger les fûts sur le quai même où se trouvaient les voyageurs attendant le départ, ce qui n'eut pas lieu, on le pense bien, sans de nombreux froissements de pieds et de jambes; 2° attendre que le wagon fût déchargé et s'en allât avec la machine qui l'avait amené de Vitznau: ce ne fut qu'alors que nous pûmes nous mettre en route à notre tour. Il est juste de dire que la station du Staffel n'est qu'un *terminus* provisoire; néanmoins il devrait y avoir une voie de garage à chaque station, c'est probablement ce qu'on va faire pendant l'hiver.

PONT SUR LE SCHNURTOBEL. — Cet ouvrage mérite quelques détails; il est remarquable par sa légèreté qui serait effrayante si l'on ne se rappelait que les charges supportées sont peu considérables. L'ensemble est représenté dans la fig. 6, pl. 29, et les figures 7 et 8 donnent une idée suffisante du mode de construction.

Le pont, comme on l'a dit, est établi avec une inclinaison de 25 centimètres par mètre; la voie est en courbe; mais, pour simplifier l'exécution, les trois travées ont été disposées suivant une ligne brisée sur laquelle s'inscrit l'arc de cercle de 180 mètres de rayon suivant lequel est tracée la voie.

Les travées, de longueur égale, ont $25^{m},500$ de portée horizontale. A l'une des extrémités, la plus basse, les poutres portent sur le rocher même qui est traversé par le souterrain dont il a été question; à l'autre extrémité il y a une culée en maçonnerie précédant un remblai.

Les supports intermédiaires sont de légers châssis en fers à T et cornières avec goussets en tôle : l'un des supports a 11 mètres de hauteur, l'autre 8 mètres; tous deux reposent sur des soubassements en maçonnerie.

Le pont est formé de deux poutres pleines de $1^{m},200$ de hauteur, écartées de $2^{m},100$ d'axe en axe. Les tables horizontales de $0^{m},300$ de largeur sont formées de tôles superposées présentant une section variable correspondant aux efforts; elles sont réunies aux âmes verticales à la manière ordinaire par des cornières. Les deux poutres sont convenablement entretoisées et contreventées par des croix de Saint-André.

Sur les tables supérieures reposent des fers à double T de 180 milli-

mètres de hauteur et de $4^m,250$ de longueur, écartés de un mètre les uns des autres. Ces pièces sont placées normalement aux poutres, mais de telle sorte que leurs milieux se trouvent sur l'arc de cercle décrit par l'axe de la voie; leurs extrémités se trouvent par conséquent sur des arcs de cercle concentriques au premier. Le dessin fait très-bien comprendre cette disposition assez singulière.

Les poutrelles reçoivent des longrines en bois qui portent les rails et la crémaillère, ces longrines étant solidement fixées par des équerres en fer; les poutrelles portent de plus un plancher de circulation, et, rivé à leurs extrémités, un léger garde-corps composé de fers plats cintrés et d'une main courante.

Ce pont, d'une extrême hardiesse, est d'un aspect surprenant dont il est impossible de se rendre compte autrement que *de visu;* les bonnes photographies même n'en reproduisent pas complétement l'effet. C'est d'ailleurs un des points d'où la vue est la plus splendide, bien qu'on ne soit pas encore à une grande hauteur (300 mètres à peu près au-dessus du lac).

Il n'y a rien de plus à dire sur la partie fixe du chemin: nous allons aborder la description du matériel roulant en commençant par les machines locomotives.

LOCOMOTIVES. — Le programme à remplir était assez complexe : il s'agissait de construire des machines aussi légères que possible, puisque l'adhérence ne joue aucun rôle, et cependant assez puissantes pour remonter des rampes de 25 centièmes avec une vitesse et une charge convenables; il fallait de plus, et c'était le point capital, ménager des moyens énergiques pour modérer la vitesse à la descente, maintenir au besoin le train sur le plan incliné et assurer dans tous les cas la sécurité la plus absolue contre toutes les chances d'accident. Il y avait en outre une foule de détails dont il fallait tenir compte et il y avait peu de ressources à tirer des précédents, car la machine américaine de Mount-Washington était d'une construction très-grossière et d'une puissance tout-à-fait insuffisante.

M. Riggenbach a résolu la question d'une façon très-satisfaisante, comme on pourra en juger.

La machine pèse douze tonnes et demie en service; elle est montée sur quatre roues libres, et les cylindres commandent la roue dentée motrice par l'intermédiaire d'engrenages permettant d'avoir un mécanisme léger à cause de son fonctionnement rapide.

La figure 1, pl. 29, représente la machine en élévation et en plan, la figure 2 montre le mécanisme à une plus grande échelle.

La machine repose sur quatre roues de $0^m,636$ seulement de diamètre (2 mètres de circonférence). Ces roues sont libres sur les essieux et retenues à l'extérieur par des écrous; cette disposition facilite le passage

des courbes [1]; les roues ne servent donc que de support et n'agissent nullement pour la propulsion.

Les essieux portent, sans intermédiaire de ressorts, le châssis formé de deux longerons en fer évidés par intervalle; ces longerons reçoivent latéralement et de chaque côté le mécanisme moteur, au milieu la chaudière, à une extrémité le tender et à l'autre une caisse pour les bagages.

La machine ne se retourne pas. On l'a disposée de manière que la chaudière soit verticale dans la position de marche moyenne, c'est-à-dire sur une pente de 20 0/0 environ; il en résulte que, sur les parties de niveau, ces machines présentent un aspect des plus étranges.

Le mécanisme, figure 2, placé à l'extérieur des longerons, se compose de deux cylindres à vapeur *a*, *a*, dont les pistons ont 270 millimètres de diamètre et 400 de course. Ces pistons, dont les tiges sont guidées par des glissières à la manière ordinaire, commandent un arbre coudé tournant dans des supports fixés aux longerons; les pièces mobiles sont équilibrées par des contre-poids C, à l'opposé des bras de manivelle.

Les tiroirs, placés au-dessus des cylindres et obliquement dans le sens transversal, sont mus chacun par une coulisse Allan à double relevage commandée par deux excentriques extérieurs. On remarquera que les tiges des tiroirs sont parallèles aux tiges des pistons et ne convergent pas vers le centre de l'essieu, comme cela se pratique ordinairement; cette disposition est employée sur presque toutes les machines du Central suisse. Les tiges de tiroirs sont maintenues par un fort guide *f*, posé sur la glissière supérieure, et le relevage de la coulisse s'opère au moyen d'une vis verticale *δ*, manœuvrée par un petit volant.

L'essieu coudé porte deux pignons *d*, *d*, de 14 dents chacun, engrenant avec des roues *e*, *e*, de 43 dents calées sur l'essieu d'arrière (l'arrière étant pris pour la partie la plus basse sur rampe). C'est au milieu de cet essieu qu'est fixée la roue dentée *g*, qui engrène avec la crémaillère. Cette roue, représentée à une plus grande échelle, fig. 4, pl. 28, a 2 mètres de développement à la circonférence primitive et a par conséquent 20 dents du pas de 100 millimètres; c'est l'organe essentiel du système : elle est faite en acier Krupp de qualité supérieure, les dents sont profilées en arc de dévelopante et taillées avec toute la précision possible.

Sur l'essieu coudé et au milieu est calée une poulie *h*, dont le pourtour présente des rainures angulaires; sur cette poulie peuvent s'appliquer, sous l'action de leviers et d'une vis de commande *k*, de fortes mâchoires qui constituent un frein très-énergique.

L'essieu d'avant, c'est-à-dire celui qui se trouve le plus haut dans le

1. Le diamètre des roues est le même que celui du cercle de contact de l'engrenage avec la crémaillère; on aurait donc pu à la rigueur caler les roues sur les essieux comme on l'a fait pour les wagons, où l'écartement des essieux est cependant plus grand.

sens de la pente, porte également deux roues de support non calées e une roue dentée engrenant avec la crémaillère. Cette roue ne sert pas à la propulsion, elle sert de guide et de moyen d'arrêt; aussi l'essieu est-il muni également de deux poulies à contour cannelé sur lesquelles peuvent agir des sabots commandés par des leviers, des tringles, et finalement une vis de manœuvre *l*.

La chaudière, placée au centre de l'appareil, est cylindrique et verticale. Cette disposition a été adoptée principalement pour éviter les dénivellations qui se fussent produites dans une chaudière ordinaire de locomotive au passage des rampes de 25 centimètres à des parties de niveau. La surface de chauffe est de 50 mètres carrés et le timbre de 12 atmosphères. La cheminée est légèrement conique, comme celles de toutes les machines du Central suisse (voir Société des Ingénieurs civils, séance du 20 janvier 1865, communication de M. Goschler). L'alimentation se fait par des injecteurs Giffard, les appareils accessoires de la chaudière n'offrent aucune particularité.

La prise de vapeur s'opère par un tuyau qui descend verticalement du haut et communique par l'intermédiaire d'une soupape d'arrêt manœuvrée par un volant à vis et contenue dans une boîte en fonte *m*, à deux tuyaux latéraux aboutissant aux boîtes à vapeur des cylindres.

A l'arrière de la machine est le tender contenant d'un côté une caisse à eau, de l'autre une soute à charbon : la contenance de la caisse à eau est assez faible; on s'arrête, pour la remplir, à la montée et à la descente, bien que la machine ne consomme pas de vapeur pour descendre[1].

A l'avant est une caisse à claire-voie dans laquelle on met les bagages, et qu'on recouvre simplement d'une bâche en cas de pluie.

Une légère toiture, supportée par la chaudière et par deux colonnettes, abrite les personnes placées sur la machine.

. Les freins à mâchoire, dont il a été question, ne servent que pour les arrêts aux stations et comme moyen auxiliaire; la modération de la vitesse à la descente est confiée exclusivement à un frein à air d'une disposition particulière.

Le tuyau d'échappement porte un appareil *x*, dont le rôle est le suivant : 1° dans la marche à la vapeur, laisser libre le passage à la cheminée de la vapeur qui a agi sur les pistons; 2° dans la descente, intercepter la communication entre les cylindres et la cheminée pour empêcher l'aspiration des gaz de la combustion et ouvrir l'accès à l'air extérieur.

Voici alors ce qui se passe : quand la distribution a été renversée par la coulisse, et l'arrivée de la vapeur de la chaudière interceptée par la fermeture de la soupape *m*, les pistons, dans leur mouvement déterminé par la descente de la machine sur le plan incliné, aspirent l'air ex-

1. Elle consomme de l'eau qu'on injecte dans les cylindres pour empêcher l'échauffement.

térieur par l'ouverture de la pièce x, et refoulent cet air dans les boîtes à vapeur, dans les tuyaux et jusque dans la boîte m; mais cet air ne peut rentrer dans la chaudière, il s'échappe par un petit robinet p, placé sur la boîte m, et dont l'ouverture plus ou moins grande règle la pression résistante qui s'exerce sur les pistons. La capacité par les boîtes à vapeur et les tuyaux est assez grande pour que cette pression résistante soit à peu près constante pendant toute la durée de la course des pistons.

On a ainsi un frein à air très-énergique; mais il se produirait rapidement un échauffement énorme et le grippement infaillible des pistons et des tiroirs, si l'on n'avait la précaution d'injecter dans le tuyau d'échappement, à l'entrée des cylindres, un filet d'eau provenant du tender. Cette eau, en se vaporisant, empêche l'échauffement en absorbant une grande quantité de chaleur; le tuyau par lequel s'échappent les fluides comprimés donne passage à un jet continu de vapeur tout à fait semblable à celui qui se produit lorsqu'on ouvre les robinets de purge des cylindres : aussi a-t-on soin de conduire ce jet sous la machine par un petit tuyau partant du robinet p.

L'appareil x se compose d'une boîte contenant une soupape qui ferme au besoin l'accès du tuyau d'échappement; cette boîte porte une enveloppe tournante comme un boisseau de robinet et percée d'une ouverture pour donner à volonté accès à l'air extérieur lorsqu'on tourne ce boisseau au moyen d'une poignée.

M. Riggenbach avait d'abord employé la disposition représentée fig. 5, pl. 28, où les mouvements des deux soupapes étaient rendus solidaires par un petit levier et déterminés automatiquement par la pression régnante dans le tuyau d'échappement; de sorte que, dès que l'aspiration se faisait dans les tuyaux par le renversement de la marche, le passage à la cheminée devait se fermer et l'accès à l'air extérieur s'ouvrir. Il paraît que cet appareil ne fonctionnait pas d'une manière assez satisfaisante, puisqu'il a été remplacé par la disposition décrite plus haut.

Nous résumons ici les principales dimensions des machines :

Longueur totale.	$5^m,925$
Hauteur du haut de la cheminée aux rails.	$4^m,800$
Diamètre des cylindres.	$0^m,270$
Course des pistons.	$0^m,400$
Vitesse des pistons par seconde.	$2^m,173$
Écartement des cylindres d'axe en axe. .	$1^m,800$
Écartement des essieux.	$3^m,000$
Diamètre des roues de support.	$0^m,636$
Diamètre de la roue dentée motrice (20 dents).	$0^m,636$
Largeur des dents.	$0^m,102$

Diamètre des roues intermédiaires (13 dents).	$0^m,684$	
Diamètre des pignons (14 dents).	$0^m,222$	
Largeur des dents.	$0^m,150$	
Timbre de la chaudière.	12	atmosphères.
Diamètre de la chaudière.	$1^m,176$	
Surface de grille.	0 78	mètre carré.
Surface de chauffe totale.	50	—
Diamètre extérieur des tubes.	$0^m,051$	
Longueur des tubes (nombre 168). . . .	$1^m,870$	
Section de passage des tubes.	0 269	mètre carré.
Volume d'eau de la chaudière.	1 100	mètre cube.
Contenance de la caisse à eau.	1 100	—
Poids de la machine en service.	12 500	kilogrammes.
Vitesse de la machine ($6^k,40$ à l'heure).	$1^m,770$	

Pour terminer ce qui a rapport à la machine, il suffit de dire qu'afin d'éviter qu'une secousse accidentelle fasse sortir les roues dentées de la crémaillère, on a pris la précaution de disposer à l'avant et à l'arrière des machines de fortes pièces de fer recourbées (non visibles sur le dessin), qui embrassent les rebords de la crémaillère en laissant seulement un certain jeu dans le sens horizontal et vertical.

Ce jeu est d'autant plus faible que les machines ne sont pas suspendues; cette absence de suspension produit des trépidations qui se font sentir très-durement sur la plate-forme de manœuvre au-dessous de laquelle se trouve précisément la roue dentée conductrice. Il semble qu'il serait possible de mettre des ressorts à faible amplitude d'oscillation, comme sur la machine d'Ostermundingen, qui sera décrite plus loin.

VOITURES ET WAGONS. — Le matériel roulant, outre les machines, comprend des voitures à voyageurs et des wagons à marchandises.

Ces derniers sont de simples plates-formes montées sur deux essieux dont l'un est muni d'une roue dentée et d'un système de frein semblable à celui qui sera décrit pour les voitures à voyageurs; leur construction ne présente aucun intérêt.

Les voitures à voyageurs ne sont pas disposées avec couloir central pour la circulation comme les wagons suisses; l'inclinaison considérable des rampes eût rendu cet arrangement peu commode, et eût entraîné une diminution du nombre des places et une augmentation du poids mort. L'entrée se fait par un seul côté; il y a neuf bancs à six places chacun, soit cinquante-quatre places en tout. Les bancs à montants en fer, recouverts de lattes en bois, ont une forme cintrée dont le dessin donne très-bien l'idée et qui est tout à fait analogue à celle de certains

bancs de nos jardins publics, forme qui permet d'être assis commodément, quelle que soit l'inclinaison du chemin.

Les voyageurs sont assis regardant en arrière, de sorte qu'ils sont placés pour ainsi dire en amphithéâtre, les uns au-dessus des autres, et peuvent voir sans se gêner mutuellement. Les cloisons des bouts sont d'ailleurs vitrées et n'apportent aucun obstacle à la vue. Les voitures ne servent que dans la belle saison et ne sont pas vitrées sur les côtés.

Les wagons dont nous parlons, représentés fig. 1, pl. 28, ont $8^m,640$ de longueur; ils sont à châssis en fer, et portent par l'intermédiaire de ressorts et de boîtes à graisse ordinaires sur deux essieux à roues fixes de même diamètre que celles des machines; l'écartement des essieux est de $4^m,150$. Un seul essieu, celui qui est en avant, porte une roue dentée engrenant avec la crémaillère et deux poulies-frein avec sabots et transmission commandée par une tige à manivelle arrivant à portée du garde-frein placé à l'avant du wagon.

Il y a quatre longerons en fer laminé, et les plaques de garde sont fixées à des traversines en fer à double T, disposition qui rappelle celle des anciens châssis belges en bois. Sur les longerons extérieurs portent des fermes composées de montants verticaux en fer à double T et de courbes de plafond de même nature, les uns et les autres réunis par des goussets en tôle fixés par des rivets. Cette ossature est très-légère.

Ces voitures comportent, comme il a été dit, cinquante-quatre places; mais on ne se fait pas faute, dit-on, les jours d'affluence, d'y mettre autant de voyageurs, assis ou debout, qu'il peut y en entrer.

Le poids du wagon vide est de 3 970 kilogrammes; on a essayé aussi des petits wagons à trente places pesant 1 100 kilogrammes. Nous n'avons pas vu ces derniers.

EXPLOITATION. — Les trains ne se composent que de la machine et d'un véhicule unique, wagon à marchandises ou voiture à voyageurs. Le véhicule est toujours placé au-dessus de la machine dans le sens de la rampe; la machine le pousse en montant et le retient en descendant. Il n'y a pas d'attelage : il résulte de cette disposition une indépendance complète à la descente pour la voiture, le garde-frein en est complétement maître et peut l'arrêter en cas de besoin sans le secours du mécanicien.

On dispose de quatre moyens d'arrêt ou de ralentissement indépendants les uns des autres : le frein du wagon, les deux freins à main de la machine et le frein à air; comme on l'a dit, ce dernier est seul employé pour la descente.

Un point assez délicat est la mise en marche lorsque la machine est arrêtée sur la pente et doit monter; il faut, dans ce cas, d'abord desserrer les freins et, dès que le mouvement de descente commence, donner de suite la vapeur : c'est pour éviter cette manœuvre qu'on a établi

aux stations la voie avec une très-faible inclinaison; il n'y a d'exception que pour celle de Freibengen, où l'on prend de l'eau et où nous avons pu observer la manœuvre dont il s'agit.

La vitesse, soit à la montée, soit à la descente, est extrêmement faible C'était à peu près indispensable pour la sécurité, qui est la première condition à remplir. D'un autre côté, c'est tout à fait sans inconvénient au point de vue de l'agrément du voyageur qui préfère assurément avoir le temps de jouir à discrétion de la vue.

Le train va assez lentement pour qu'un homme vigoureux puisse le précéder à une centaine de pas en avant et jeter un coup d'œil d'inspection sur la crémaillère, prêt à la débarrasser, si c'est nécessaire, de tout obstacle, pierre, branchage, etc., qui pourrait s'être introduit entre les dents accidentellement ou autrement. Cet homme[1] est relayé toutes les dix minutes, car la marche est fort pénible sur une rampe aussi forte.

Voici les observations que nous avons faites sur le parcours, tant à la montée qu'à la descente.

Parcours à la montée :

Départ de Vitznau	3h,20
Arrivée à Freibengen (alimentation)	3 ,45
Départ de Freibengen	3 ,50
Arrivée au Kaltbad	4 , 7
Départ du Kaltbad	4 ,11
Arrivée au Staffel	4 ,17
Durée de la marche effective	48 minutes

Parcours à la descente :

Départ du Staffel	4h,53
Arrivée au Kaltbad	4 ,55
Départ du Kaltbad	5 , 1
Arrivée à Freibengen (alimentation)	5 ,20
Départ de Freibengen	5 ,23
Arrivée à Vitznau	5 ,50
Durée de la marche effective	48 minutes

Il ne faut pas s'étonner si la durée de certains parcours partiels di-

1. On ne peut pas se dissimuler que l'établissement du chemin de fer a fait beaucoup de tort à certaines localités, qu'il a mis en disponibilité une foule de petits industriels, guides, porteurs de chaises, loueurs de chevaux ou de mulets, etc., et froissé les intérêts beaucoup moins respectables des nombreux individus, dont la profession principale consistait à guetter le touriste à tous les détours de la route pour mettre sa bourse à contribution sous prétexte de lui offrir des fleurs, fruits, minéraux, objets sculptés, etc. Cet impôt prélevé sur le voyageur n'est plus possible aujourd'hui. On peut observer à l'honneur des populations suisses, qu'aucune tentative criminelle n'a été constatée; il n'en eût peut-être pas été partout de même.

fère notablement à la montée et à la descente, bien que la durée du parcours total soit la même; ces différences tiennent à la variation des pentes ou à des causes purement accidentelles.

La distance totale de 5 100 mètres, parcourue en quarante-huit minutes, donne une vitesse moyenne de 6 380 mètres à l'heure, soit $1^m,770$ par seconde.

Le nombre de tours de l'essieu moteur par minute correspondant à cette vitesse est :

$$n = \frac{1^m.77}{2^m.} \times \frac{43}{14} \times 60 = 163 \text{ tours.}$$

C'est bien ce que nous a donné la moyenne d'un certain nombre d'observations directes.

La hauteur verticale entre les points extrêmes de la ligne étant de 1 200 mètres au moins, la vitesse d'ascension par seconde pour une durée effective de parcours de quarante-huit minutes serait $0^m,417$.

La machine pèse en service 12 500 kilogrammes; le wagon avec sa charge normale de cinquante-quatre voyageurs pèse à peu près sept tonnes et demie : c'est donc un poids total de 20 000 kilogrammes pour le train.

Le travail brut, correspondant à l'élévation de ce poids à $0^m,417$ de hauteur par seconde, est de 8 500 kilogrammètres, soit 113 chevaux-vapeur.

C'est le travail *théorique* moyen pour le parcours total. On peut essayer de se rendre compte du travail réel nécessaire pour remonter le train sur la pente de 25 centièmes. Nous assimilerons la machine au wagon pour la résistance.

Sur la rampe de 25 centimètres par mètre, la composante du poids qui presse sur les rails est :

$$P \times 0,97 = 19\,400 \text{ kilogrammes.}$$

La composante parallèle au plan incliné est :

$$0,24\,P = 4\,800 \text{ kilogrammes.}$$

Si nous prenons le chiffre indiqué par M. Vuillemin pour la résistance par tonne à des vitesses comprises entre 5 et 10 kilomètres à l'heure, soit $2^{kg},5$, chiffre certainement trop faible à cause du petit diamètre des roues, la résistance totale serait donc :

$$19,400 \times 2,5 = 48,5;$$

soit 50 kilogrammes en nombre rond.

La résistance due à la gravité étant de 4 800 kilogrammes, la résistance totale due aux deux causes est de 4 850 kilogrammes; ce qui,

pour une vitesse de $1^{m},77$ par seconde, donne un travail de 8 600 kilogrammètres, soit 115 chevaux.

La résistance des essieux et des roues absorberait donc à peu près 2 chevaux, non compris, bien entendu, les frottements des divers engrenages et du mécanisme ; ce chiffre est certainement trop faible, parce qu'il ne tient pas compte de la résistance de la roue dentée du wagon et de celle de l'essieu d'avant de la locomotive sur la crémaillère.

La chaudière est, avons-nous dit, timbrée à 12 atmosphères ; la pression s'y maintient pendant la course ascendante entre 10 et 11 atmosphères ; nous ne l'avons vue descendre que pendant quelques instants à 9, mais le temps était froid et il tombait une pluie fine et glacée. Dans les nouvelles machines, toutefois, M. Riggenbach augmente la surface de chauffe, et de 50 mètres carrés la porte à 58.

Le travail de la vapeur sur les pistons peut, comme on le verra note A, être évalué approximativement à 190 chevaux, ce qui correspondrait aux 85 centièmes, soit 160 chevaux sur l'essieu moteur.

La différence 160 — 115 = 45 chevaux représente le travail absorbé par les engrenages divers et la crémaillère ; ce serait 28 0/0 du travail disponible de la machine.

Ce chiffre, qui est bien supérieur à celui que donneraient les calculs qu'on pourrait faire sur le frottement des engrenages, ne nous paraît toutefois pas être très-exagéré, car il ne faut pas oublier que les roues dentées et la crémaillère travaillent dans des conditions médiocrement favorables. Ces résultats ne peuvent d'ailleurs être que des approximations, l'élément principal, le travail de la vapeur sur les pistons, ne nous étant pas connu directement.

Le travail de 160 chevaux sur l'essieu coudé serait le travail à la jante des roues motrices, si la machine agissait par adhérence ce serait $\frac{160}{50} = 3,2$ chevaux par mètre carré de surface de chauffe. Ce chiffre nous paraît s'accorder très-bien avec ceux que donne M. Vuillemin, si l'on remarque que la vitesse de rotation des machines du Rigi est à peu près celle des machines mixtes citées par cet ingénieur, soit 2,8 tours à peu près par seconde.

Le poids de la machine par cheval développé sur l'essieu moteur, approvisionnement compris, ressortirait à

$$\frac{12\,500}{160} = 78 \text{ kilogrammes,}$$

et le poids par mètre carré de surface de chauffe à

$$\frac{12\,500}{50} = 250 \text{ kilogrammes.}$$

Ces chiffres sont certainement très-remarquables, comme on peut en

juger par la comparaison que nous donnons à la note A, surtout si l'on tient compte de ce que les machines du Rigi portent un tender et un petit fourgon.

Ces résultats doivent être attribués en grande partie à la pression élevée, aux dimensions des cylindres et à la vitesse de rotation accélérée du mécanisme, éléments bien reconnus d'amélioration pour le fonctionnement des moteurs à vapeur quels qu'ils soient.

La disposition verticale de la chaudière n'a pas non plus été sans influence sur la légèreté relative de l'appareil et le bon emploi de la vapeur.

La chaudière contient très-peu d'eau, 1 100 litres environ; de plus, comme elle est exclusivement formée de parties cylindriques, on n'y rencontre ni les armatures, ni les entretoises qui rendent si lourds les foyers en parallélipipèdes des chaudières ordinaires de locomotives.

Il faut ajouter que la vaporisation se fait dans des conditions très-remarquables, d'autant plus qu'une partie notable de la surface de chauffe ne sert pas à produire la vapeur, mais à la dessécher et surchauffer dans une certaine mesure. En effet, la partie supérieure des tubes est en contact avec la vapeur sur une hauteur de 30 à 40 centimètres; le mélange d'eau et de vapeur passant dans les espaces resserrés compris entre des tubes à température élevée se dessèche et reçoit un certain degré de surchauffe très-favorable au bon fonctionnement de la vapeur, tout en empêchant un trop grand échauffement des tubes. Sans cette dessiccation l'entraînement d'eau serait énorme et la marche de la machine difficile.

La vitesse d'émersion de la vapeur au niveau de l'eau dépasse $0^m,15$, et le réservoir de vapeur est nécessairement très-restreint. Dans le Mémoire sur *Les conditions de travail et l'utilisation des machines marines* que nous avons publié avec M. B. Normand, nous établissions par un grand nombre d'exemples, que cette vitesse d'ascension ne dépassait jamais $0^m,10$.

Si les chaudières du Rigi fonctionnent bien malgré les dimensions incroyablement réduites au niveau d'eau, elles le doivent incontestablement à la disposition sur laquelle nous venons de nous étendre.

OBSERVATIONS. — Toutes les parties du mécanisme fonctionnent très-bien. On était naturellement curieux de savoir comment les engrenages et la crémaillère se comporteraient en service relativement à l'usure. L'expérience paraît avoir prononcé; les dents de la crémaillère n'usent pas sensiblement: quant aux roues dentées, M. Riggenbach leur attribue une durée de deux campagnes. Le service est, il est vrai, peu actif; car, lorsque nous avons visité le chemin dans les premiers jours d'octobre, il n'y avait par jour que deux trains de voyageurs dans chaque sens; mais dans le fort de l'été il en était autrement, comme on le verra d'après

les chiffres donnés plus loin. Si donc l'emploi de la crémaillère n'entraîne ni consommation exagérée de travail moteur, ni usure trop rapide des organes, le problème posé paraît être résolu d'une manière très satisfaisante.

Il n'est d'ailleurs pas arrivé, depuis l'ouverture du chemin, le plus léger accident; tout a bien marché, sauf quelques détails insignifiants qui ont été modifiés.

L'impression qui domine le voyageur est incontestablement celle de la sécurité la plus complète; s'il est naturel de concevoir quelque appréhension en voyant le train suspendu sur une rampe qu'un homme à pied ne gravit pas sans peine, on est de suite rassuré par la certitude absolue des moyens d'arrêts dont disposent les conducteurs, qui sont aussi maîtres de leur train sur la pente qu'on peut l'être d'un cheval allant au pas sur un chemin de niveau. L'impression est sans contredit bien meilleure que celle qu'on éprouve involontairement sur un plan incliné à câble.

TRAFIC ET PRODUITS[1]. — Voici quelques documents sur les produits du chemin du Rigi.

Le chemin a été inauguré le 21 mai 1871. Il a commencé à fonctionner régulièrement depuis le 23. Nous donnons ci-dessous le mouvement des voyageurs et des marchandises, ainsi que les recettes pour la période du 23 mai au 30 juin. On sait que les touristes ne commencent à arriver en Suisse qu'au mois de juillet.

Du 23 mai au 30 juin. — 39 jours.

Nombre de voyageurs. . .	6 170	soit par jour. .	159
Tonnes de marchandises. .	495	—	12.7
Recettes.	31 315 fr.	—	803

Voici les résultats pour la période suivante :

Du 1er juillet au 31 août. — 62 jours.

Nombre de voyageurs. . .	37 090	soit par jour. .	598
Tonnes de marchandises. .	513	—	8.3
Recettes.	149 685 f.	—	2 414

On remarquera que, dans la période du 23 mai au 30 juin, on a transporté proportionnellement plus de marchandises que dans la seconde. Cela s'explique par les approvisionnements que les hôtels font à l'avance[2].

1. Voir note B.

2. Et par la construction de nouveaux hôtels dont le chemin de fer a transporté une partie des matériaux.

Le tarif est de 5 francs pour l'ascension, de 2f,50 pour la descente : c'est en moyenne 3f,75 pour 5 340 mètres ou à peu près 0f,70 par kilomètre. Ce prix paraîtrait élevé si on ne tenait pas compte du transport vertical; un chemin de fer à rampes ordinaires ferait, pour la même hauteur à franchir, payer au voyageur un parcours huit ou dix fois plus long, soit 0f,80 ou 1 franc; ce tarif est donc loin d'être exagéré. Cette observation est essentielle et ne doit pas être perdue de vue lorsqu'on veut établir des chiffres kilométriques pour des chemins à très-fortes rampes [1].

Les dépenses de construction se sont élevées à un peu moins de 1 200 000 francs, y compris le matériel roulant. Ce prix est d'autant moins élevé que certains travaux ont été fort difficiles et très-coûteux. Un chemin de fer à pentes ordinaires, en admettant qu'il eût été possible, aurait coûté une somme relativement énorme.

Les recettes déjà faites, si l'on remarque surtout que l'année a été mauvaise, soit à cause du temps, soit à cause des circonstances politiques, indiquent une rémunération très-belle pour les capitaux engagés dans l'affaire; il est permis, d'après les chiffres donnés plus haut, d'espérer pour la campagne totale, jusqu'à la fin d'octobre, une recette de 250 000 francs au moins.

C'est plus de 20 0/0 du capital; en supposant donc que les frais d'exploitation soient dans les environs de 50 0/0 de la recette brute, il resterait un revenu de 10 0/0 au moins.

Il est probable que les résultats seront encore supérieurs les années suivantes.

Nous discuterons plus loin les conditions d'établissement des chemins de fer de ce système; nous nous bornerons pour le moment à constater que la seule dépense supplémentaire, en supposant la voie du même échantillon que la voie ordinaire [2], se borne à la crémaillère avec les longrines de liaison et une légère plus-value pour tenir compte de l'augmentation de stabilité à donner à la voie. Quant au matériel roulant, les wagons ne sont pas plus coûteux que les autres et les machines le sont beaucoup moins, étant plus légères.

1. Il y aurait peut-être lieu d'établir une distinction entre le cas où la hauteur franchie est réellement acquise, c'est-à-dire, lorsqu'il s'agit de rendre les voyageurs et les marchandises à une altitude donnée comme au Rigi, et celui où il y a simplement à s'élever au-dessus d'un faîte de montagnes pour redescendre de l'autre côté (on dirait en mécanique qu'il n'y a pas eu de travail accompli théoriquement): dans le premier cas, il ne saurait y avoir doute; dans le second, la chose est moins évidente; on peut dire cependant qu'en général l'emploi des rampes amènera une réduction de parcours plus ou moins considérable, et que dès lors il est juste d'en tenir compte.

2. Il ne faut pas oublier que, comme l'adhérence ne joue aucun rôle, et que par suite le poids des machines peut être relativement faible, on pourra réaliser une économie sur le prix de la voie, en employant des rails légers comme au Rigi.

La crémaillère du Rigi pèse par mètre courant à peu près 68 kilogrammes [1]; le prix avec les longrines, la pose et une certaine plus-value, ne dépasserait certainement pas 50 000 francs par kilomètre.

Le chemin du Rigi ne doit marcher que les six mois d'été; mais l'hiver pourra être utilement employé à des expériences sur la manière dont le système se comporte en présence de la neige : c'est une des plus sérieuses préoccupations de M. Riggenbach. Ces essais fourniront de précieux renseignements sur la possibilité de l'application de la crémaillère à des lignes de montagnes devant être exploitées toute l'année.

2° CHEMIN D'OSTERMUNDINGEN.

M. Riggenbach a fait récemment une seconde application de son système dans des conditions différentes.

Le chemin dont il est ici question dessert les belles carrières d'Ostermundingen qui fournissent le grès vert, si employé dans les nouvelles constructions des grandes villes de la Suisse, notamment de Genève et de Berne, et les relie à la ligne du chemin de fer de Berne à Thoune.

Ce chemin se compose de deux parties de niveau séparées par une rampe de 10 centimètres par mètre sur un demi-kilomètre à peu près de longueur; le développement total de la partie exploitée actuellement ne dépasse pas 3 kilomètres.

Le chemin ne fonctionne que depuis fort peu de temps, car l'inauguration a eu lieu seulement le 6 octobre 1871.

Il est nécessaire de dire d'abord quelques mots des conditions d'établissement de cette voie ferrée. L'objet étant le transport des pierres des carrières à la ligne principale située plus bas, la charge n'existe qu'à la descente : on ne remonte que des wagons vides; mais, outre le passage du plan incliné, il faut conduire les wagons sur les parties de niveau du haut et en bas. Un plan automoteur eût été bon pour la rampe, mais n'eût pas dispensé d'un autre mode de traction sur le reste de la ligne. Quant au système à crémaillère, applicable pour la partie en pente, il eût été d'un emploi coûteux et gênant sur les parties de niveau. On ne pouvait donc employer la locomotive du Rigi; il aurait fallu lui adjoindre des locomotives ordinaires ou des chevaux : le premier système eût donné lieu à des complications de manœuvre et nécessité un matériel trop considérable, le second eût été coûteux d'emploi.

1. C'est par erreur, sans doute, qu'une note publiée dans le Bulletin de la Société d'Encouragement et traduite d'une publication anglaise, le *Journal of the Society of Arts*, donne pour la crémaillère du Rigi le poids de 4 quintaux par yard, soit 225 kilog. par mètre courant.

M. Riggenbach a fait une locomotive d'un système mixte qui fonctionne comme celle du Rigi, sur la rampe, et comme une locomotive ordinaire à simple adhérence, sur les parties de niveau. Cette machine paraît bien fonctionner, sauf peut-être quelques détails un peu délicats que nous signalerons à l'occasion.

TRACÉ. — Le tracé, très-court comme nous l'avons dit, offre peu d'intérêt; le chemin se détache de la ligne de Berne à Thoune à la station d'Ostermundingen; il décrit une courbe assez prononcée, dont le développement est d'un peu plus de 2 kilomètres, au sortir de laquelle il aborde la rampe de 10 0/0 qui est en alignement droit. Cette rampe, d'abord en remblai, pénètre ensuite dans la colline au moyen d'une tranchée assez profonde; à l'extrémité du plan incliné, le chemin arrive en palier dans les dépendances de la carrière : celle-ci se trouve sur la droite, et les voies de fer qui y conduisent s'embranchent sur la voie dont nous venons de parler par le moyen de plaques tournantes.

Il n'y a d'autre ouvrage d'art que deux passages de chemins : l'un en dessus dans la tranchée, l'autre en dessous, tous deux établis sur poutres en tôle.

VOIE. — Nous allons d'abord décrire la voie représentée fig. 9, pl. 29. L'écartement des rails est l'écartement ordinaire : il y avait là nécessité absolue, le chemin de fer se reliant au réseau des chemins suisses, et les wagons chargés devant quelquefois aller sans transbordement jusqu'aux extrémités du territoire.

Les rails sont les rails Vignole du Central suisse, pesant environ 35 kilogrammes par mètre courant; ces rails sont fixés sur les traverses par des crampons. Dans les parties de niveau, la voie ne présente rien de particulier; sur la rampe, les traverses sont à leur milieu solidement assemblées avec une forte longrine de $0^m,30$ sur $0^m,25$; les joints des diverses parties de cette longrine sont faits à mi-bois, elle porte la crémaillère.

Cette crémaillère diffère de construction de celle du Rigi; comme la pente est moindre, les efforts sont moindres aussi, et on a pu employer une disposition plus simple.

La crémaillère se compose de deux cornières de 100 sur 80, la grande branche verticale; l'écartement intérieur est de 145 millimètres.

Les dents n'ont pas la section de celles du Rigi; ce sont de simples fuseaux cylindriques. M. Riggenbach aurait préféré leur donner la forme qui a été décrite ci-dessus, mais l'impossibilité d'obtenir ces fers spéciaux commandés en France, à Ars-sur-Moselle, lui a fait employer du fer rond de 50 millimètres de diamètre. Les dents sont implantées dans les cornières et rivées en dehors. L'écartement des dents d'axe en en axe, ou le pas, est de 100 millimètres comme au Rigi.

La rampe est constamment en ligne droite, ce qui a simplifié l'exécution de la crémaillère; mais le raccordement du plan incliné avec les parties de niveau se fait au moyen de portions courbes.

La crémaillère est faite par bouts de 3 mètres comprenant trente dents, les joints de deux parties voisines sont opérés par des éclisses latérales de 170 millimètres de longueur sur 70 de hauteur et 15 d'épaisseur, figure 11, maintenues par les dents extrêmes qui portent un écrou à chaque extrémité. Le joint de deux pièces ne tombe pas au milieu de l'écartement de deux dents pour les raisons qui ont été exposées; les distances respectives sont 45 et 55 millimètres, y compris le jeu pour la dilatation. Chaque bout de 3 mètres est fixé à la longrine par huit tire-fonds, quatre sur chaque cornière.

A chaque extrémité de la rampe et sur les parties de niveau est établi un appareil spécial pour faire engrener la roue dentée de la locomotive avec la crémaillère.

Cet appareil, représenté figure 10, se compose d'une partie de crémaillère de 3 mètres de longueur, comme les autres, disposée de manière à pouvoir s'élever parallèlement à elle-même de quelques centimètres; ce mouvement vertical lui est communiqué par deux excentriques circulaires placés sous la voie et mus simultanément par des leviers rattachés à un levier de manœuvre analogue à celui d'un changement de voie.

La machine étant amenée au-dessus de l'appareil, on élève la crémaillère pour faire engrener ses dents avec celles de la roue de la machine, et on l'abaisse pour rendre la locomotive indépendante; la crémaillère mobile est d'ailleurs, pour résister à la traction qu'elle éprouve de la part de la machine, reliée à la partie fixe par deux bielles articulées.

Ce système, très-simple, laisse un peu à désirer en pratique; il peut arriver, par exemple, que, lorsqu'on élève la crémaillère, les dents de celle-ci viennent butter sur les dents de la roue de la machine sans que l'engrènement puisse se produire; il faut alors faire avancer ou reculer la machine à la pince, de l'épaisseur d'une dent, pour que l'engrènement se produise.

Ce fait nous a été signalé par le directeur des carrières; il ne nous semble pas présenter une bien grande importance, et il paraît facile d'y remédier.

La manœuvre s'exécute de la même manière aux deux extrémités de la rampe. Il n'y a de changements de voie que sur les parties de niveau; aussi ces appareils ne présentent-ils aucune particularité.

Locomotive.— La machine locomotive construite aux ateliers d'O[illegible] diffère notablement, avons-nous dit, de celle du chemin du Rigi.

est représentée en élévation et plan, figure 12; la figure 13, pl. 29, représente à une plus grande échelle quelques détails du mécanisme:

Le châssis formé de deux longerons en fer et de deux traverses également en fer, ces dernières munies de tampons, repose par l'intermédiaire de ressorts de suspension sur quatre roues de 1m,150 de diamètre. Les cylindres à vapeur sont extérieurs et horizontaux, semblables à ceux des machines du Rigi; les pistons ont 270 millimètres de diamètre et 400 de course; ces organes commandent par des bielles un arbre coudé; la disposition des tiroirs, du mouvement de distribution, des contrepoids, etc., ne diffère pas de celle des machines précédentes, sauf la position de l'arbre de relevage qui est au-dessus des longerons, et celle de l'appareil de manœuvre du changement de marche.

L'essieu coudé qui tourne dans des supports fixés aux longerons porte deux pignons dentés de 20 dents chacun, et au milieu deux poulies-frein à contour cannelé de 0m,315 de diamètre.

Les pignons engrènent avec des roues à dents encastrées, allégées par évidements circulaires; ces roues portant 61 dents chacune sont calées sur un fort arbre dont le milieu renflé porte une roue dentée en acier fondu de 24 dents; c'est cette roue qui engrène avec la crémaillère. Jusqu'ici, cette disposition rappelle tout à fait celle du Rigi; mais voici ce que la machine qui nous occupe présente de particulier.

Les boutons de manivelle de l'essieu coudé portent, à côté et à l'extérieur des bielles motrices, des bielles d'accouplement *a* qui viennent commander des manivelles *b* calées sur l'essieu d'arrière, et donnent ainsi le mouvement de rotation aux roues; c'est ce qui détermine la progression de la machine sur les parties de niveau.

Les roues d'arrière ne sont pas calées sur l'essieu; elles sont en relation avec lui, par l'intermédiaire d'un système d'embrayage qui leur permet de tourner avec l'essieu ou indépendamment. Cette disposition rendue nécessaire par la différence de parcours des roues d'arrière sur les rails, et de la roue dentée sur la crémaillère pour un coup de piston, réalise très-simplement un système à deux vitesses.

L'embrayage dont il vient d'être question est formé d'un collier *c* muni de parties en saillie qui pénètrent à volonté dans des encoches de même forme pratiquées dans la manivelle *b*. Ce collier qui tourne avec la roue, mais qui en outre peut glisser sur son moyeu dans le sens de l'axe de l'essieu, se manœuvre par des leviers *d* et un arbre *e* à double vis, commandé, par l'intermédiaire de deux roues d'angle, par une tige à poignée *f*; l'arbre *e* fait mouvoir simultanément les deux embrayages.

L'essieu moteur est muni de deux poulies à gorges cannelées, sur lesquelles peuvent agir des mâchoires serrées sous l'action d'un système de leviers et de tringles manœuvrées par la tige à poignée *g*.

Cet appareil, analogue à ceux qui ont été décrits précédemment, sert pour les arrêts; la descente s'effectue exclusivement à la contre-vapeur.

On n'a pas employé ici le frein à air, les conditions n'étant plus les mêmes qu'au Rigi. A Ostermundingen, en effet, la rampe est courte, et comme au bas du plan incliné, la machine a encore un certain parcours à effectuer à la vapeur, il était intéressant d'utiliser dans une certaine mesure le travail produit par la descente du train.

Au Rigi, au contraire, la machine après une descente de plus longue durée, n'a plus aucun travail à effectuer pour plusieurs heures; on laisse tomber le feu dès le commencement de la descente.

La disposition de l'appareil à contre-vapeur ne présente d'ailleurs rien de particulier.

La chaudière est une chaudière ordinaire de locomotive; mais les tubes sont courts, pour empêcher que l'extrémité ne soit mise à découvert sur la rampe. La surface de chauffe est de 50 mètres carrés.

La chaudière porte sur la boîte à feu une boîte à soupape de sûreté, et, sur le corps cylindrique, une boîte de prise de vapeur à tringle de manœuvre extérieure. La cheminée est semblable à celle des machines du Rigi.

A l'arrière de la machine se trouve la caisse à eau. La plate-forme est abritée par une petite toiture. La machine pèse 16 tonnes en ordre de service. Nous avons indiqué que la locomotive était suspendue sur ressorts; cette suspension ne semble pas nuire à l'engrènement de la roue dentée : aussi ne voyons-nous pas pourquoi on ne l'appliquerait pas aux machines du Rigi, d'autant plus que les voitures à voyageurs de ce chemin sont suspendues, bien qu'un de leurs essieux porte une roue dentée qui ne paraît pas fonctionner plus mal pour cela.

Observations. — Il nous a été impossible de recueillir des résultats d'expérience, l'exploitation n'étant pas encore commencée d'une manière régulière lorsque nous visitâmes le chemin d'Ostermundingen; mais la similitude des organes essentiels de la machine avec ceux des machines précédentes nous permettra heureusement d'y suppléer dans une certaine mesure. Comme la surface de chauffe et les dimensions des cylindres sont les mêmes qu'au Rigi, on peut partir de l'hypothèse d'une même vitesse de rotation de l'arbre moteur, soit 163 tours par minute, correspondant à une vitesse de piston de $2^m,173$ par seconde.

Dans ces conditions, l'avancement sur la crémaillère est par tour de l'essieu moteur :

$$2^m,400 \times \frac{20}{61} = 0^m,787,$$

et par seconde :

$$0,787 \times \frac{163}{60} = 2^m,141,$$

soit 7,7 kilomètres à l'heure; c'est la vitesse sur la rampe. L'avancement

des roues d'arrière sur les rails, lorsqu'elles sont reliées avec le mécanisme, est par tour de l'essieu moteur :

$$1^m,150 \times \pi = 3^m,613,$$

et par seconde :

$$3^m,613 \times \frac{163}{60} = 9^m,830;$$

c'est la vitesse sur la partie de niveau où il n'existe pas de crémaillère.

On peut admettre que le travail net disponible à la jante de la roue dentée sera sensiblement le même qu'aux machines du Rigi, soit 115 chevaux ou 8 600 kilogrammètres; ce travail à la vitesse de $2^m,141$ correspond à un effort de 4 030 kilogrammes.

En prenant pour résistance par tonne de niveau à la vitesse de 8 kil. à l'heure 4 kilogrammes, au lieu de 2,5 que nous avions pris précédemment, et cela parce que la vitesse est un peu plus grande et surtout parce que les wagons à pierre sont moins bien graissés que les voitures à voyageurs du Rigi, on aura pour la résistance par tonne sur la rampe de 10 cent. par mètre :

$$4^{kg} + (0,10 \times 1\,000^{kg}) = 104^{kg}.$$

La charge brute pourra donc être de 40 tonnes, et comme la machine que nous assimilons dans ce cas aux wagons (puisque le frottement des engrenages, etc., est compté à part) pèse 16 tonnes, il reste 24 tonnes disponibles.

Deux machines semblables remonteraient donc une charge de près de 50 tonnes sur la rampe de 10 pour cent.

L'efficacité de ces machines serait, de plus, assez considérable en plaine; elles supporteraient une vitesse de près de 36 kilomètres à l'heure, et remorqueraient une charge en rapport avec la pression des roues d'arrière sur les rails, pression qui est de 9 à 10 tonnes.

Ces considérations ne s'appliquent pas, bien-entendu, au chemin de fer d'Ostermundingen, où la charge n'existe qu'à la descente; on peut envisager cette application comme un essai pratique permettant de mettre en évidence les services que peut rendre ailleurs ce type mixte de machines.

Nous n'hésitons pas à signaler à l'attention des ingénieurs, comme présentant un sérieux intérêt, ce type dont le rôle peut se résumer ainsi : remorquer sur des rampes de 10 à 12 centimètres et plus, c'est-à-dire inabordables au système ordinaire, des charges relativement considérables, tout en pouvant, sur les parties de niveau ou des rampes faibles, remplacer les machines à simple adhérence pour un trafic modéré, comme le cas se présente souvent, le double rôle que nous venons d'indiquer étant d'ailleurs obtenu sans trop grande complication.

La crémaillère est un peu plus légère que celle du Rigi, elle ne pèse que 58 kilogrammes par mètre courant. Avec la longrine de support et la pose, le prix de la voie ordinaire ne serait pas augmenté de plus de 40 à 45 000 francs par kilomètre.

Conclusions. — Il y aurait lieu de terminer cet exposé par quelques conclusions. Nous désirons rester à cet égard dans une certaine réserve. Il importe, en effet, de distinguer entre le chemin du Rigi pour lequel, à notre avis du moins, nul autre système n'était possible, et les chemins à rampes moins extrêmes, dans lesquels on cherche la solution économique et surtout rapide des passages de montagnes; c'est ce dernier cas particulièrement qui présente de l'intérêt.

La question est actuellement très-nettement posée et généralement bien comprise; il n'est contesté par personne que l'emploi d'une inclinaison triple des rampes usitées ordinairement, permettant de réduire le développement du chemin au tiers, sans entraîner dans le coût kilométrique une augmentation de prix de plus de 25,30, disons même de 50 p. cent dans certains cas, constituerait un immense progrès, s'il ne résultait de ce chef aucune aggravation trop forte des frais d'exploitation, c'est-à-dire de la dépense de force motrice et de l'entretien des appareils fixes ou mobiles. Fixons les idées par un chiffre.

Si l'on peut remplacer trois kilomètres de chemin coûtant un prix quelconque, soit 100 000 par kilomètre, en tout 300 000 francs, par un seul [1] kilomètre coûtant 150 000 francs, il y a économie de moitié sur les frais de construction. Il est d'autant plus essentiel d'insister sur ce point, que la construction d'un chemin de fer en rampe ne doit pas, toutes choses égales d'ailleurs, coûter nécessairement plus par kilomètre de développement que celle d'un chemin de niveau; le prix des terrassements, des roches à tailler, des souterrains à percer, ne sera pas plus élevé par le seul fait, que l'assiette de la voie sera inclinée à 10 ou 15 p. cent., au lieu d'être horizontale; tout au plus est-il juste d'admetre qu'à de fortes altitudes, l'établissement du chemin de fer en rampe sera grevé de dépenses accessoires, de bien moindre valeur toutefois

1. Pour être rigoureusement dans la vérité, il faut tenir compte de ce que la longueur du tracé n'est pas, pour une hauteur donnée, tout-à-fait inversement proportionnelle à la pente : cette longueur est l'hypoténuse du triangle rectangle, dont la hauteur à franchir est le petit côté; au-dessous de 100 millimètres de pente par mètre, on peut négliger cette correction, comme le montre le tableau ci-dessous, où la longueur de la base est un kilomètre.

Longueur de parcours	1000m.	1000	1001	1005	1011	1020	1031	1044	1059
Pentes par mètre	$10^{m}/_{m}$	30	50	100	150	200	250	300	350

qu'on ne le croit généralement, pour des abris ou défenses contre les neiges, avalanches, etc.[1].

Tout se réduit donc à une question d'exploitation, c'est cette question que nous ne croyons pas devoir encore trancher; l'essai fait jusqu'ici nous paraît concluant. Nous laisserons néanmoins le soin de dégager complétement la vérité à une expérience de plus longue durée et surtout aux essais qui pourront être faits cet hiver, certains que, si cette expérience donne définitivement raison au système Riggenbach, les applications ne sauraient lui manquer.

1. Nous invoquons à l'appui de cette assertion le passage suivant de l'ouvrage intitulé: *des Pentes économiques en chemin de fer*, par M. Ch. de Freycinet, ingénieur des mines, chef de l'exploitation des chemins de fer du Midi :

« La faible variation de la dépense kilométrique avec des pentes notablement différentes « est un fait moins rare qu'on ne pourrait le supposer au premier abord.

« Une partie importante des frais est de sa nature indépendante de la pente, comme « l'achat des terrains, la pose de la voie (ballast, traverses, rails); l'autre, qui consiste dans « les terrassements et ouvrages d'art, ou l'assiette proprement dite du chemin, ne varie « avec la pente qu'autant qu'on est rejeté sur des terrains présentant des difficultés spé- « ciales. Cette dernière circonstance n'est pas une conséquence nécessaire du choix de la « pente; il peut fort bien arriver qu'on rencontre les mêmes obstacles, les mêmes cours « d'eau à traverser, les mêmes souterrains à percer, en un mot que les difficultés sur un « kilomètre se balancent sensiblement avec des inclinaisons très-différentes. Somme toute, « il y a un assez grand nombre de cas où l'on peut sans grande erreur, regarder la dépense « kilométrique comme à peu près constante dans une région déterminée. »

Il y aurait encore une autre considération à ajouter, c'est que, le coût élevé des chemins de fer en pays de montagnes résultant des accidents de terrain multipliés, plus le développement du tracé sera court, moins, en général, on aura de chances de rencontrer des difficultés obligeant à des travaux exceptionnels, viaducs sur ravins, percées de contreforts, etc.; l'emploi des fortes rampes conduirait donc plutôt à un abaissement du prix de revient kilométrique.

SYSTÈME WETLI

M. Wetli, ingénieur suisse très-distingué, a proposé, il y a quelques années, un modèle tout particulier de crémaillère; il a cherché à réaliser le principe des engrenages à denture hélicoïdale, ou engrenages de White, dans le but de diminuer les frottements. Ce système est représenté figure 18, pl. 30.

M. Wetli emploie une roue ou plutôt un cylindre horizontal dont l'axe est perpendiculaire à la voie; ce cylindre est muni de deux filets de vis en saillie, de pas opposés et assez allongés. Cette double vis s'appuie sur des rails obliques placés entre les rails de support et formant les dents de la crémaillère. Ces rails obliques, écartés de $1^{m},600$, présentent une double inclinaison, de manière à former sur l'axe de la voie un V analogue à une pointe de cœur de croisement de voie; cet arrangement a surtout pour but de contre-butter les rails et de les faire résister au renversement.

Le Conseil fédéral suisse avait nommé, pour examiner le système Wetli que son auteur proposait pour le passage du Gotthard, dont on s'occupait déjà alors, une commission composée de professeurs de l'École polytechnique de Zurich.

Les membres de cette commission paraissent n'avoir pas pu se mettre entièrement d'accord sur leurs conclusions. Il en est résulté trois rapports distincts : l'un signé de MM. Zeuner et Weith; le second de M. Pestalozzi et le troisième de M. Culmann. Le tout a été imprimé en 1869 sous le titre *Préavis de la commission de l'École polytechnique instituée par ordre du Conseil fédéral*, et publié par le département fédéral de *l'intérieur*.

Tous ces rapports rendent hommage à la justesse et à l'excellence du principe du système.

« Les considérations qui précèdent, dit M. Culmann, nous engagent à « poser en fait que l'engrenage Wetli est un des plus parfaits que l'on « ait inventé et mis à exécution; les modifications relatives au long pas « de la roue motrice et à la pointe des rails dentés dans le milieu sont « très-ingénieuses, et contribuent à rendre le système d'autant plus « pratique comme moyen de locomotion pour chemins de fer. »

Mais les experts concluent tous, à peu près dans les mêmes termes, que des essais seuls peuvent éclairer complétement les questions et démontrer la valeur pratique du système.

Jusqu'ici ces essais ne paraissent pas avoir eu lieu; aussi partageons-nous l'avis de ces messieurs. Le système Wetli est fort ingénieux : c'est incontestablement une solution théorique très-élégante et très-parfaite; mais, jusqu'à preuve contraire, nous ne le croyons pas réalisable en pratique. Il présente un certain nombre de difficultés dont quelques-unes assez sérieuses :

1° Les rails obliques exigent une pose très-précise. MM. Zeuner et Wieth disent : « Des expériences pratiques, soit un essai sur une grande « échelle, peuvent seuls nous faire connaître d'une manière certaine « quel sera l'effet nuisible produit par quelque irrégularité de la voie. »

2° L'attache des rails obliques sera certainement très-difficile à faire, la pression horizontale qui tend à les renverser étant évaluée par M. Wetli lui-même à 3 800 kilogrammes, au minimum.

3° Il faudrait savoir comment se comportera le système lorsque la neige s'accumulera entre les rails obliques; l'enlèvement en sera bien plus difficile qu'avec le système ordinaire.

4° Les appareils de changement de voie seront très-compliqués, à moins que la roue à dents ne soit disposée pour pouvoir être soulevée, ce qui constitue une autre complication.

5° La disposition des machines ne semble pas devoir être très-simple; il est vrai que nous ne connaissons pas les plans de M. Wetli.

6° Le système ne pourra probablement fonctionner que dans des courbes de grand rayon.

7° Les frais d'entretien du système seront élevés.

M. Culmann assimile les rails obliques aux croisements de voie dans les gares. Il ajoute : « Dans le cas présent, nous avons une série d'organes pareils : par exemple, pour le passage du Gotthard, pour le moins environ 43 000. Supposé qu'ils durent six ans, c'est-à-dire environ 2 190 jours, au lieu de deux ans, comme ici à la gare de Zurich, on sera forcé d'opérer chaque jour le remplacement de vingt pièces. Ces fréquents remplacements se feront-ils toujours sans gêner la circulation ? »

8° Enfin, le prix d'établissement doit être assez considérable. « Pour être assez solides, les appareils de la voie sont très-compliqués et difficiles à exécuter, » dit encore M. Culmann.

Pour un mètre de simple voie, il faut, en outre de deux mètres de rails de support, 2^{m},33 environ de rails d'un plus fort échantillon dont l'attache est beaucoup plus coûteuse que celle des rails ordinaires, sans

compter les entre-toises et les platines nécessaires à la consolidation de l'ensemble[1].

Nous ne nous dissimulons pas que plusieurs des inconvénients qui viennent d'être mentionnés sont partagés par d'autres systèmes, notamment par celui de M. Riggenbach; mais il est juste de signaler que ce dernier franchit des rampes de 10 à 25 centimètres, tandis que M. Wetli semble n'avoir en vue que des pentes comprises entre 40 et 70 millimètres par mètre.

1. Nous ne devons pas omettre de mentionner que M. Wetli se propose, pour atténuer les chocs et obvier aux irrégularités de la voie oblique, d'accoupler sa roue dentée avec les roues motrices de la machine, ces organes devant en quelque sorte s'entr'aider. Il y a là certainement une idée hardie et ingénieuse, dont toutefois l'expérience doit d'abord prouver la possibilité; mais, en supposant que cette disposition atténue certains des inconvénients signalés plus haut, il n'en subsisterait pas moins de graves objections contre le système.

NOTE A.

TRAVAIL DES MACHINES.

Nous calculerons le travail de la vapeur dans les cylindres par la formule :

$$T = 10\,000\ P\ V\left(1 + 2.3026 \log \frac{V'}{V}\right)$$

dans laquelle nous appellerons :
P la pression *effective* de la vapeur par mètre carré,
V le volume admis,
V′ le volume après la détente.

Pour une introduction pendant le tiers de la course, ce qui est l'introduction normale des machines du Rigi, une pression effective de 10 atmosphères et les dimensions de cylindres que nous avons indiquées, savoir 270 millimètres de diamètre et 400 de course, avec une vitesse de piston de $2^m,173$ par seconde, le travail pour les deux cylindres ressortirait à 17 700 kilogrammètres par seconde.

Mais la formule ne tient pas compte de la perte de pression dans les tuyaux et passages, de la condensation de la vapeur dans les cylindres pendant une forte détente et en l'absence d'enveloppes de vapeur, des diverses phases de la distribution, compression, avances à l'admission et à l'échappement, enfin de l'excès de la pression résistante sur la pression atmosphérique.

Pour ramener le travail théorique calculé à ce qu'il serait si on l'obtenait au moyen d'une courbe d'indicateur, sur laquelle les influences dont nous venons de parler produisent leur effet, nous affecterons le travail d'un coefficient de correction que l'étude d'un certain nombre de courbes d'indicateur nous permet de fixer en moyenne à 80 centièmes. (Voir, fig. 14, pl. 30, les courbes du travail théorique et du travail tel qu'il serait donné par l'indicateur, le rapport des aires des deux courbes étant de 0,80.)

Le travail ainsi corrigé, 17 700 × 0,80 = 14 160 ou 190 chevaux, est le *travail brut sur les pistons* correspondant, comme nous l'avons dit plus haut, en supposant un rendement moyen de 85 0/0, à 160 chevaux en nombre rond *sur l'essieu moteur.* Bien que ces chiffres puissent être regardés comme plus ou moins basés sur des hypothèses, ils acquièrent un grand degré de probabilité par leur comparaison avec ceux qu'on observe sur d'autres machines.

Le tableau n° 1, ci après, contient les éléments de la puissance de quel-

TABLEAU N° 1. — Éléments de puissance de divers types de locomotives.

	DÉSIGNATION DES MACHINES.	EST. Crampton.	EST. Mixte, 12.	EST. Marchandises, 20.	EST. 8 roues couplées.	NORD. Fortes rampes. Machine-tender.	NORD. 4 cylindres. Machine-tender.	FELL N° 2. Rail central. Machine-tender.	MACHINE du Rigi. Machine-tender.	MACHINE d'Ostermundingen. Machine-tender.
T	Puissance en chevaux	400	300	300	400	400	500	160	160	160
P	Poids des machines en service[1]	27.300k	25.500	33.000	46.300	45.000	60.000	18.000	12.500	16.000
S	Surface de chauffe	91mq.3	81.9	121	193.6	157	211	56	50	50
k	Vitesse en kilomètres à l'heure	80k	55	30	24	20	20	10.7	6.4	7.7
n	Nombre de tours par seconde	3.1	2.9	1.9	1.7	1.65	1.65	1.4	2.71	2.71
V	Volume décrit par heure par les pistons[2]	2514mc	2592	2189	2534	1860	2862	742	1053	1053
$\frac{V}{k}$	Volume décrit par kilomètre	31.4	47.1	73	105	93	143	69.3	164	137
$\frac{V}{S}$	Volume décrit par heure et par m.q. de chauffe[3]	27.5	31.6	18	13	12	13.5	13.2	21	21
$\frac{V}{kS}$	Volume décrit par kilomètre et par m.q. de chauffe	0.344	0.574	0.600	0.542	0.600	0.675	1.23	3.3	2.7
$\frac{V}{T}$	Volume décrit par cheval et par heure	6.28	8.64	7.29	6.33	4.65	5.72	4.64	6.6	6.6
$\frac{P}{T}$	Poids par cheval	68k	85	110	116	112.5	120	112	78	100
$\frac{P}{S}$	Poids par m.q. de surface de chauffe	300	311	273	238	286	284	320	250	320
$\frac{T}{S}$	Nombre de chevaux par m.q. de surface de chauffe	4.3	3.7	2.5	2	2.5	2.4	2.85	3.2	3.2

1. Pour les quatre premiers types, le poids indiqué est celui de la machine seule; pour les cinq autres, c'est le poids en service avec approvisionnements.
2. C'est un volume fictif ramené, pour tous les types, à une même pression de 10 atmosphères.
3. Nous préférons l'expression $\frac{V}{S}$ ou $\frac{V}{kS}$ à celle qu'on emploie quelquefois $\frac{D^2 L}{S}$ (D diamètre, L course de piston), expression qui ne tient compte ni de la vitesse de fonctionnement, ni de la pression.

ques machines locomotives; nous empruntons ces documents à divers mémoires de MM. Vuillemin, Brull et Desbrières, publiés dans les comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils.

L'examen du tableau qui précède doit attirer principalement l'attention sur deux points :

1° Le faible poids, par mètre carré de surface de chauffe, des machines du Rigi;

2° Le travail relativement considérable développé dans ces machines par mètre carré de surface, surtout si l'on tient compte de ce qu'une partie de cette surface, au moins 10 0/0, ne sert pas à la vaporisation mais à la dessiccation et à la surchauffe de la vapeur.

De ces deux ordres de faits combinés résulte en définitive un poids relativement faible par unité de puissance développée.

Le poids des machines du Rigi ressort, en effet, à 78 kilogrammes par cheval de 75 kilogrammètres *sur l'arbre moteur*, approvisionnement compris; de sorte que, si on ramenait le poids au poids *par cheval indiqué*, en défalquant les excédants dus aux éléments qui ne constituent pas la puissance motrice, ce chiffre ne ressortirait pas à plus de 50 kilogrammes. Ce résultat est certainement des plus remarquables; aussi entrerons-nous, à cet égard, dans quelques développements que nous n'avons pu qu'indiquer dans le corps de ce travail.

Une des dispositions les plus intéressantes des machines construites par M. Riggenbach consiste assurément dans l'interposition d'engrenages entre l'arbre moteur qui reçoit l'action des pistons et la roue dentée qui engrène avec la crémaillère.

Cette disposition mécanique qui choque encore certaines préventions a exercé l'influence la plus heureuse sur les résultats de la machine; nous ne craignons pas d'affirmer que c'est d'elle absolument que dépend la légèreté relative de l'appareil et, comme on le verra plus loin, l'avantage réel et pratique du système.

Le fonctionnement accéléré des pistons agit de deux manières dans le cas qui nous occupe pour réduire le poids des appareils.

Il agit directement pour ce qui concerne les organes mécaniques proprement dits. Nous avons exposé dans le travail déjà cité : *Mémoire sur les conditions de travail et les utilisations des machines à vapeur marines*, que le poids de ces organes était inversement proportionnel à la puissance 2/3 des nombres de tours dans le même temps. C'est là la seule influence du fonctionnement accéléré sur le poids dans les machines à tirage naturel, le poids de l'appareil évaporatoire n'étant nullement influencé par la vitesse de rotation.

Mais dans les machines du genre des locomotives où la vapeur qui a agi sur les pistons et qui conserve une pression plus ou moins forte, lancée dans la cheminée, y active le tirage, la rapidité du fonctionne-

ment, augmentant le nombre des échappements dans un temps donné, agit d'une manière très-remarquable sur la production de la vapeur[1].

La fig. 17, pl. 30, représente la variation de la puissance développée par chaque mètre carré de surface de chauffe relativement au nombre de tours par seconde, pour un certain nombre de machines.

Pour établir une liaison entre ces résultats d'expérience, nous avons tracé une courbe qui semble les relier d'une manière suffisamment approchée.

L'ordonnée à l'origine représente le travail par mètre carré de surface de chauffe avec un tirage naturel, le nombre des échappements dans la cheminée étant O; mais, comme nous n'avions pas d'indications suffisantes sur ce que serait la vaporisation dans une chaudière de locomotive sans tirage forcé, nous avons pris à la place le travail pour la moyenne des machines marines à fonctionnement ordinaire et à tirage naturel, pour des puissances médiocres correspondant à des cheminées peu élevées et par suite à un tirage assez faible. Ce tirage serait évidemment meilleur que celui d'une chaudière de locomotive sans échappement dans la cheminée; mais comme, d'autre part, le fonctionnement de la vapeur sur les pistons est meilleur dans les locomotives actuelles qu'il n'était dans les anciennes machines marines à faible pression et faible détente, nous pensons qu'il doit y avoir à peu près compensation et que notre point de départ peut être accepté.

Le nombre de chevaux par mètre carré de surface de chauffe N serait donc, n étant le nombre de tours par seconde, soit le quart du nombre des échappements pour les machines à deux cylindres (on remarquera que la machine à quatre cylindres du Nord fait exception) :

$$N = 1,75 \times 0,25\, n^2.$$

Cette relation ne s'applique, bien entendu, qu'à des machines où le fonctionnement de la vapeur a lieu dans les mêmes conditions que dans les machines locomotives; car il ne faut pas perdre de vue que le travail effectif dépend, non-seulement de la production, mais aussi de l'emploi plus ou moins avantageux de la vapeur.

Ces considérations paraissent bien simples : c'est cependant à leur oubli que sont dus les fréquents insuccès qu'ont éprouvés les essais d'adoption du *type de la locomotive*, pour certaines applications, où ces machines devaient fonctionner à des vitesses insuffisantes. Nous pourrions citer, par exemple, l'échec de presque toutes les grandes machines marines sans condensation, où cette cause a joué certainement un rôle[2].

1. Voir à ce sujet la communication de M. de Landsée, Société des ingénieurs civils, séance du 20 novembre 1868, dans laquelle cet ingénieur cite les expériences de M. Forquenot.

2. Outre les difficultés relatives aux dépôts, on sait que l'alimentation *à l'eau de mer*

Sans l'emploi d'engrenages permettant de donner à la machine une vitesse considérable, les locomotives routières seraient irréalisables.

On nous permettra de citer un autre exemple des plus intéressants pour la question des transports maritimes. Il s'agissait d'installer sur de gros navires à voiles des machines destinées à leur imprimer en calme une vitesse de huit nœuds en moyenne, et cela dans des conditions particulièrement difficiles qu'il serait trop long de rapporter ici.

On se trouvait entre deux difficultés :

1° Pour avoir une machine légère et peu encombrante, il fallait faire tourner rapidement une hélice de petit diamètre et de faible pas, d'où mauvaise utilisation de la puissance et obstacle très-sérieux pour la marche à la voile;

2° Pour obtenir une utilisation satisfaisante et ménager les qualités de voiliers des navires, on était conduit à employer un propulseur à grand diamètre et grand pas, d'où résultait inévitablement un appareil moteur lourd et encombrant.

Or il était posé, comme première condition, de réduire le moteur au strict nécessaire, son emploi étant, à l'époque, seulement envisagé comme auxiliaire.

Notre collègue et ami M. B. Normand (du Havre), chargé de cette transformation qu'il avait d'ailleurs proposée et poursuivie avec une persévérance infatigable, adopta la solution suivante :

Abandonner la connexion directe de la machine et du propulseur et commander une hélice de grandes dimensions faisant 45 à 50 tours par une machine tournant à 90 ou 100 révolutions par minute.

Cette solution simple, mais certainement hardie, a été couronnée d'un succès complet; malgré l'addition des transmissions et des engrenages, le fonctionnement accéléré du moteur, joint, il est vrai, à un emploi très-parfait de la vapeur, a considérablement réduit le poids et le volume des appareils et, avec l'économie de combustible, finalement assuré la réussite de l'entreprise.

En présence de ces exemples, nous n'hésiterions pas à proposer quelque chose d'analogue pour les machines locomotives à grande puissance et faible vitesse fonctionnant par adhérence.

La première objection serait l'emploi des engrenages condamnés, dira-t-on, depuis l'essai du Sommering, et peut-être de celui des premières machines Engerth, construites en 1855 pour le chemin de fer du Nord par l'usine Cockerill. Cette condamnation est-elle sans appel, et les nouvelles ressources que nous offrent actuellement les métaux dont

chaudières marchant à des pressions est impossible à partir de 4 atmosphères, à cause de la précipitation à la température de 140 degrés de sulfate de chaux, précipitation qui rend les extractions sans effet.

dispose l'industrie ne permettraient-elles pas de renouveler l'expérience avec de grandes chances de succès?

On peut encore objecter que les machines à marchandises ont besoin de poids pour l'adhérence: soit, c'est précisément la condamnation du système; mais tout en l'acceptant, est-il indispensable que ce poids soit sous la forme coûteuse de cylindres, de pièces mécaniques, tubes, tôles, eau chaude, etc., etc.? Ne pourrait-on pas se procurer à bien meilleur compte ce poids nécessaire sous forme de lest, ou même le poids utile?

Nous ne faisons qu'indiquer ici ces idées, nous réservant de les donner ailleurs le développement que mérite une question de cette importance [1].

Le tableau n° 2, ci-après, donne les éléments de la transformation de la pression de la vapeur en effort de traction.

On remarquera que, tandis que, dans le tableau n° 1, nous avons pour les machines du Rigi et d'Ostermundingen considéré le travail développé sur l'arbre moteur commandé par les pistons; dans le tableau n° 2, nous ne prenons que le travail réalisé sur la crémaillère, c'est-à-dire prélèvement fait des frottements et résistances des divers engrenages, pour mettre ces machines dans des conditions comparables avec les machines marchant par adhérence.

Dans ce tableau, l'avantage du système de traction se manifeste par le faible poids de machine pour 1 kilogramme d'effort de traction : c'est 2kg,57, tandis que pour d'autres machines, dans de mauvaises conditions, il est vrai, ce poids va jusqu'à 10 et 12 kilogrammes (toutes roues accouplées).

Cette supériorité ressort bien mieux des comparaisons qui font l'objet des tableaux 3 et 4, pages 316 et 318, et des figures 15 et 16, pl. 31, qui en donnent la représentation graphique. Nous avons seulement fait entrer dans ces tableaux, avec les machines de M. Riggenbach, la machine à rail central et les machines à adhérence qu'on peut considérer comme les plus puissantes et les mieux établies, la machine dite tender-rampes et la machine à quatre cylindres du chemin de fer du Nord.

Le tableau n° 3, page 318, donne les charges effectives (c'est-à-dire le train moins la machine) remorquées sur diverses rampes par les divers types de machines.

1. Voir note D.

DÉSIGNATION DES MACHINES.	EST. Crampton.	EST. Mixte, 12.	EST. Marchandises, 20.	EST. 8 roues couplées.	NORD. Fortes rampes. Machine-tender.	NORD. 4 cylindres. Machine-tender.	FELL N° 2. Rail central. Machine-tender.	MACHINE du Rigi. Machine-tender.	MACHINE d'Ostermundingen. Machine-tender.
T Puissance en chevaux	400	300	300	400	400	500	160	115	115
W Vitesse de translation	22m.3	15.3	8.3	6.7	5.55	5.55	3	1.77	2.141
$F = \frac{T}{W}$ Effort à la jante [1]	1350k	1400	2170	4480	5400	6800	4035	4850	4030
w Vitesse de piston	3m.472	3.248	2.508	2.244	1.584	1.452	1.137	2.173	2.173
$\frac{W}{w}$ Rapport de la vitesse W à la vitesse des pistons	6.43	4.7	3.7	3	3.51	3.83	2.63	0.81	0.81
$F \times \frac{W}{w}$ Effort sur les pistons	8680k	6862	10027	13440	18954	26044	10612	3980	3980
Section totale des pistons	0mq.2512	0.2770	0.3060	0.3926	0.3618	0.608	0.2268	0.1144	0.1144
Effort correspondant par centimètre carré	3k.45	2.48	3.3	3.36	5.24	4.28	4.7	3.43	3.43
Pression maxima à la chaudière	8atm.	8	8	8	9	9	8	12	12
Rapport de la pression maxima à la chaudière [2] à la pression sur les pistons	0.42	0.30	0.40	0.41	0.56	0.47	0.57	0.29	0.29
Poids pour 1 kil. d'effort de traction [3]	20k	17	12	10	8.3	8.8	4.4	2.57	3.97

1. On a, pour les machines Riggenbach, pris le travail à la jante de la roue à crémaillère, prélèvement fait des frottements et résistances autres que celles dues au roulement propre de la machine sur ses roues de support.

2. Ce rapport est évidemment affecté par le plus ou moins de détente à laquelle marche la machine. Si on prend pour les machines Riggenbach le travail sur l'arbre moteur, comme si la machine fonctionnait par adhérence, sans les engrenages, le rapport deviendrait 0.4, soit sensiblement le même que dans d'autres machines.

3. Ce chiffre est l'inverse de l'adhérence; dans les deux premières machines, une partie seulement du poids sert à l'adhérence; on remarque, dans les deux machines à marchandises de l'Est, combien le poids est peu utilisé pour la traction.

TABLEAU N° 3. — (Fig. 15).

Charges remorquées effectivement par les divers types de machines sur diverses rampes.

Désignation des machines	RIGI.		OSTERMUNDINGEN.		FELL N° 2.		NORD. Fortes rampes.		NORD, 4 cylindres.	
Vitesse à l'heure	6 400m.		7 700m.		10 700m.		20 000m.		20 000m.	
Poids pour 1 kil. d'effort de traction	2k.57.		3k.97.		4k.4.		8k.3.		8k.8.	
Coefficients de résistance	Machine 3k. Train 3k		Machine 4. Train 3.5		Machine 10. Train 5		Machine 8. Train 5		Machine 8. Train 5	
	Charges remorquées	Charges par rapport au poids de machine.	Charges remorquées	Charges par rapport au poids de machine.	Charges remorquées	Charges par rapport au poids de machine.	Charges remorquées	Charges par rapport au poids de machine.	Charges remorquées	Charges par rapport au poids de machine.
Pentes de 0 m/m	1600.0	128.0	1130.0	70.0	770.0	43.0	1000	22.0	1250	20.8
— 10 —	360.0	29.0	290.0	18.0	245.0	13.5	306	7.0	380	6.3
— 20 —	200 0	16.0	155.0	9.7	140.0	7.7	165	3.7	205	3.4
— 40 —	100.0	8.0	77.0	4.9	70.0	3.9	72	1.6	87	1.45
— 50 —	80.0	6.5	59 0	3.7	54.0	3.5	50	1.1	60	1.0
— 80 —	46.0	3.8	32.0	2.0	28.0	1.6	17	0.38	18	0.3
— 100 —	35.0	2.7	23.0	1.5	20.0	1.1	5	0.11	4	0.066
— 120 —	27.0	2.2	16.0	1.0	13.5	0.75	0		0	
— 150 —	19.0	1.6	10.0	0.62	7.5	0.4				
— 200 —	12.0	1.0	3.8	0.24	1.25	0.07				
— 250 —	7.0	0.56	0.0		0.0					
— 300 —	3.5	0.28								
— 400 —	0 0	0.0								

Le tableau n° 4 donne le poids de machine, le travail total et la surface de chauffe nécessaire dans chaque système pour remorquer une charge effective de 100 tonnes sur diverses rampes.

On a, pour établir ce dernier tableau, admis la proportionnalité des poids, puissances et surfaces de chauffe, pour le même type; si ce n'est pas tout à fait exact, c'est défavorable aux machines à crémaillère, dont la supériorité ne doit ressortir que mieux.

Nous avons également pris pour ces derniers des coefficients de résistance plutôt élevés; en faisant bien ressortir d'ailleurs que nous considérons toujours la machine comme un simple véhicule, puisque la résistance propre du mécanisme est déjà prélevée sur le travail.

Comme les comparaisons intéressantes sont pour les rampes, le choix des coefficients de résistance à la traction n'a pas une très-grande importance; car ils s'effacent à peu près devant les coefficients d'inclinaison représentant la résistance due à la gravité.

On nous objectera probablement qu'une partie de la supériorité des machines à crémaillère est due à la très-faible vitesse de ces machines : c'est incontestable; mais nous maintenons la légitimité de cet avantage. D'abord nous invoquons à notre appui l'opinion de M. Desbrières. (Société des Ingénieurs civils, 1865, page 481.)

« Beaucoup de personnes considéreront peut-être comme chimérique « la réduction de la vitesse des trains au-dessous de 20 kilomètres. Il « n'est cependant pas douteux que si l'on pouvait, sur certains passages « difficiles, réduire accidentellement la vitesse des trains, sauf à la « relever une fois le passage franchi, cela vaudrait infiniment mieux, « comme service, que le dédoublement des trains, l'emploi de doubles « tractions, ou les plans inclinés avec câbles et poulies. Nous en cite- « rons un exemple.

« En étudiant le service de la ligne de Saint-Michel à Suze, on a re- « connu qu'on pouvait faire faire le trajet entier aux trains de marchan- « dises en huit heures, en adoptant sur les rampes de 77 millimètres « une vitesse de 6 kilomètres à l'heure, et sur les parties en rampes « inférieures à 40 millimètres, une vitesse moyenne de 14 kilomètres; or « le trajet en huit heures répond à tous les besoins. »

Nous pourrions ajouter ceci : *Ne va pas lentement qui veut.* L'avantage particulier aux machines Riggenbach, sur lequel nous avons insisté plus haut, est précisément de pouvoir se limiter à des vitesses où les machines ordinaires verraient leur puissance considérablement diminuée, ou, si on devait les établir spécialement pour ces circonstances, seraient dans des conditions détestables.

Pour les machines à rail central, nous avons pris les chiffres indiqués par M. Desbrières; nous ignorons complétement quels sont ceux qui résultent de l'exploitation régulière du chemin de fer du Mont-Cenis

TABLEAU N° 4. — (Fig. 16).

Travail total, surface de chauffe et poids de machine nécessaire pour remorquer, avec divers systèmes, une charge effective de 100 tonnes, sur diverses rampes.

Désignation des machines..............	RIGI.			OSTERMUNDINGEN			FELL, N° 2.			NORD. Fortes rampes			NORD, 4 cylindres.		
Poids pour 1 kil. d'effort de traction N..	2k.57.			3k.97.			4k.4.			8k.3.			8k.8.		
	T.	S.	P[1].	T.	S.	P.	T.	S.	P.	T.	S.	P.	T.	S.	P.
	ch.	m.q.	t.												
Pentes de 0 m/m	10	3.8	0.77	14	4.4	1.4	20	7	2.3	40	16	4.5	40	17	4.8
— 10 —	45	14.0	3.51	57	18.0	5.7	64	22	7.2	133	53	15.0	133	56	16.0
— 20 —	82	26.0	6.4	100	31.0	10.0	112	40	12.5	240	96	27.0	242	100	70.0
— 40 —	164	50.0	12.8	210	65.0	21.0	224	80	25.0	560	220	63.0	580	246	29.0
— 50 —	205	64.0	16.0	270	87.0	27.0	300	103	33.0	800	320	90.0	833	350	100.0
— 80 —	356	112.0	28.0	500	156.0	50.0	550	194	62.0	2400	960	270.0	2850	1200	340.0
— 100 —	460	144.0	36.0	710	220.0	71.0	800	280	89.0						
— 120 —	600	188.0	47.0	980	300.0	98.0	1160	406	130.0						
— 150 —	850	264.0	66.0	1000	500.0	160.0									
— 200 —	1400	432.0	108.0												

1. T, travail en chevaux, que doit exercer la machine sur l'essieu commandé par les pistons, c'est-à-dire pour les deux premiers types, *y compris les frottements et résistances des engrenages*. S, surface de chauffe. P, poids de machine. Le poids P de la machine s'obtient comme suit : si on appelle f le coefficient de résistance à la traction de la machine, f' le coefficient de résistance à la traction du train, N le poids de machine pour 1 kil. d'effort de traction, on a, pour un train du poids de 100 tonnes, $P = \frac{100 f'}{\frac{1}{N} - f}$.

avec des machines plus récentes; nous ne croyons pas, toutefois, que l'ensemble des faits ait pu en être notablement modifié.

Nous terminerons cette note par une observation importante.

La machine d'Ostermundingen semble présenter une infériorité assez grande par rapport à la machine du Rigi; cela tient à son poids plus grand et à sa plus grande vitesse, et nullement au système. Nous avons pris la machine telle qu'elle était, c'est-à-dire établie pour fonctionner dans certaines conditions de charge, de rampes, de parcours, etc. Si nous avons cru intéressant de la faire figurer *dans son état* sur les tableaux précédents, ce n'est pas pour critiquer ses conditions d'établissement, mais pour mieux faire ressortir l'influence du poids et de la vitesse.

La vitesse de la machine d'Ostermundingen peut être modifiée par le changement des engrenages; quant à son poids, s'il est plus grand que celui des machines du Rigi, c'est qu'il y avait moins de raisons de le diminuer, puisqu'au contraire on avait besoin d'adhérence pour marcher sur les parties de niveau; les causes d'aggravation de poids sont la présence du mécanisme d'accouplement, le plus grand diamètre des roues et le système de chaudière. En écartant cette dernière cause, il serait parfaitement possible de faire des machines à propulsion mixte présentant peu de différence de poids avec les machines du Rigi.

NOTE B.

RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION DU CHEMIN DE FER DU RIGI, PENDANT LA CAMPAGNE DE 1871.

Nous pouvons compléter l'étude que nous avons faite sur le chemin du Rigi par quelques documents supplémentaires qui nous sont parvenus pendant l'impression de ce travail. Ces documents, qui confirment pleinement les prévisions que nous avions indiquées, sont empruntés au compte rendu de la deuxième assemblée générale de la Société du chemin du Rigi, assemblée générale qui a eu lieu le 4 décembre 1871.

Pendant la campagne de 1871, du 23 mai au 15 octobre, le nombre des trains se décompose comme suit :

Trains de voyageurs.

	Réglementaires.		Supplémentaires.	
	Montée.	Descente.	Montée.	Descente.
Mai.	18	18	8	8
Juin.	60	60	17	17
Juillet.	120	120	56	56
Août.	120	120	132	132
Septembre.	107	107	80	80
Octobre.	32	32	1	1
	457	457	294	294
	914		588	

Total des trains de voyageurs. . . 1 502

Trains de marchandises.	Montée.	[illegible]
—	Descente.	[illegible]
		[illegible]

Total des trains 1 972

La longueur du parcours étant 5 100 mètres, le parcours total a donc été de 10 159 kilomètres, soit 3 386 kilomètres pour chacune des machines.

Le document auquel nous empruntons ces chiffres admet que le parcours de 5 100 mètres, sur une rampe de 25 0/0, équivaut à 48 kilomètres de niveau; ce serait donc un parcours fictif total de 1 992×48=95 616 kilomètres, soit 31 870 kilomètres pour chaque machine.

Les 1 502 trains de voyageurs ont transporté 60 262 voyageurs, c'est une moyenne de 40 voyageurs par train.

Pendant le mois d'août, il y a eu 504 trains pour 23 056 voyageurs, soit 45 voyageurs par train.

Les 1 502 trains de voyageurs ont transporté 271 850 kilogrammes de bagages, soit 181 kilogrammes par train.

Enfin, les 490 trains de marchandises ont porté 1 600 tonnes, soit 3 300 kilogrammes par train.

Le nombre de voyageurs transportés se décompose comme suit :

A la montée	33 176
A la descente	27 086
Total	60 262

Les recettes effectuées pendant la campagne de 1871 se décomposent ainsi :

a. Recettes ordinaires	1° Voyageurs	228 478f,90
	2° Bagages	7 168 ,40
	3° Marchandises	24 081 ,25
b. Recettes extraordinaires		4 493 ,85
		258 222 ,40

En comptant le parcours à 5 kilomètres en nombre rond, on tirera des chiffres qui précèdent les indications ci-après :

Voyageurs :

Recette par kilomètre	44 495f,78
Recette par voyageur	3 ,69
Nombre de voyageurs par kilomètre	12 052

Bagages (à 20 francs par tonne).

Recette par kilomètre	1 433f,68
Poids de bagages par voyageurs	4kg,5

Marchandises (à 15 francs par tonne).

Recette par kilomètre. 5 547f,13
Poids par kilomètre. . . . . 320 tonnes.

On trouvera ci-dessous la décomposition des trafics en unités et en argent, par mois et par nature de transport :

1° *Quantités.*

Mois.	Voyageurs.	Bagages.	Marchandises.
Mai.	2 046	1 375 kilogr.	59 608
Juin.	4 112	11 700	421 350
Juillet.	14 313	73 000	220 000
Août.	23 056	111 650	108 800
Septembre.	15 336	67 000	272 650
Octobre.	1 255	7 100	517 850
Abonnements.	110		
Billets d'excursion.	34		
	60 262	271 825	1 600 250

2° *Recettes.*

Mois.	Voyageurs.	Bagages.	Marchandises.
Mai.	7 588 55	38 05 kilogr.	970 40
Juin.	15 479 15	292 20	6 901 00
Juillet.	52 389 95	1 975 10	4 570 40
Août.	85 303 55	2 922 45	1 836 10
Septembre.	56 310 05	1 764 15	4 510 65
Octobre.	4 516 00	176 45	8 947 10
Abonnements.	238 65		
Billets d'excursion. . .	153 00		
	222 478 90	7 168 40	27 735 65

L'exploitation du chemin est faite par MM. Riggenbach, Zschokke et Næff, moyennant le prélèvement de 30 0/0 des recettes brutes; ce chiffre est très-faible : il ne serait pas, d'ailleurs, d'après les renseignements que nous avons eus, suffisamment rémunérateur, d'autant plus qu'il comprend l'entretien de la voie.

Voici le compte de dépenses :

A l'exploitation 30 p. 100 sur 257 228 55.	77 168 55	
Supplément pour trains extraordinaires.	963 05	
Indemnités diverses.	600	
		78 731 60
Billets, frais de bureau.		701 65
Imprimés, annonces.		162 15
Dépenses relatives à l'assemblée, conteste de caisse. . .		1 594 25
Solde.		177 032 75
Total égal au montant des recettes.		258 022 40

La répartition du solde formant bénéfice s'est faite comme suit :

Somme disponible.	177 032 75
Intérêt à 5 p. 100 sur 1 250 000 francs.	62 500 00
	114 532 75
Prélèvement pour fonds de réserve.	40 000 00
	74 532 75
Dividende à raison de 5 p. 100 sur 1 250 000 francs.	62 500 00
Solde.	12 032 75

L'assemblée a attribué ce solde au conseil d'administration.

Nous ne pouvons pas donner la décomposition des frais d'exploitation, mais voici quelques détails qui présentent quelque intérêt.

Le personnel se compose d'une trentaine d'employés plus une dizaine de manœuvres. La plupart des premiers, notamment les mécaniciens, rentrent pendant la saison d'hiver aux ateliers d'Olten où ils sont occupés en ce moment à la construction de trois nouvelles machines pour le Rigi; les autres personnes sont du pays même et trouvent à s'occuper pendant l'hiver sans que l'administration ait à s'en inquiéter.

La consommation de combustible est de 350 kilogrammes de houille en moyenne, par voyage, aller et retour. Il n'y a pas de dépense à la descente, mais la machine reste en feu assez longtemps et l'allumage est compris dans le chiffre ci-dessus.

Nous avons indiqué plus haut que les dépenses de construction s'étaient élevées à 1 200 000 francs environ.

Nous trouvons dans le rapport à l'assemblée générale le détail et les chiffres exacts des dépenses de premier établissement jusqu'au 31 octobre 1871.

Dépenses de premier établissement.

a. Payé aux entrepreneurs, MM. Riggenbach, etc.	1 100 000 00
b. Agrandissement de la gare de Vitznau.	21 509 71
c. Construction d'un quai à Vitznau.	15 098 69
d. Construction d'un débarcadère à Vitznau.	2 056 70
e. Rachat de servitudes.	1 345 91
f. Construction d'un buffet et de bâtiments divers.	23 606 73
g. Matériel de transport.	7 470 70
h. Mobilier.	962 75
i. Frais de constitution de la Société.	25 000 00
k. Inspection et contrôle de travaux.	5 410 78
l. Dépenses d'administration pendant les travaux.	5 790 00
m. Dépenses diverses.	3 998 39
n. Intérêts pendant la construction	33 463 09
Dépenses totales au 31 octobre 1871.	1 246 156 45
Reste dû aux entrepreneurs.	80 000 00
Matériel nouveau, trois locomotives, deux wagons.	101 000 00
Construction d'une remise à locomotives.	52 500 00
Construction d'un buffet et de bâtiments divers.	30 000 00
Dépenses totales.	1 509 756 45

Le capital étant de 1 250 000 francs, l'excédant, soit 259 756f,45, été obtenu au moyen d'une émission d'obligations.

NOTE C.

EMPLOI DE LA CRÉMAILLÈRE A DIVERSES ÉPOQUES.

On trouvera ci-après quelques détails complémentaires sur les premières applications du rail à crémaillère pour chemins de fer.

La première tentative est, comme on le sait, due à John Blenkinsop, propriétaire des houillères de Middleton, qui prit une patente pour cet objet en 1811. Il fit construire plusieurs locomotives par Matthew Murray, célèbre constructeur de Leeds, auquel est dû, entre autres inventions, celle du système de tiroir, dit à coquille, à peu près universellement employé aujourd'hui dans les machines à vapeur.

Murray appliqua, sur les locomotives qu'il construisit pour Blenkinsop, l'arrangement de deux cylindres agissant sur des arbres reliés de telle sorte que l'un des cylindres fût au milieu de sa course quand l'autre était à l'extrémité; ces arbres commandaient par des engrenages, dans le rapport de 1 à 2, l'essieu portant les roues dentées qui engrenaient avec les crémaillères juxtaposées aux rails. Les cylindres étaient verticaux et à demi plongés dans la chaudière; celle-ci était en fonte, à section ovale et contenant un tube intérieur formant foyer; enfin, la distribution se faisait par des robinets à deux fins, manœuvrés au moyen de divers renvois de mouvement par une sorte d'excentrique à cadre mû par un des arbres à manivelles. Ces machines remorquaient 30 wagons, pesant 94 tonnes anglaises, à une vitesse de 3 1/2 milles à l'heure, soit 5 635 mètres à l'heure, de niveau, et 15 tonnes sur une rampe de 1 à 15 (0,066 par mètre).

On se figure généralement que les machines de Blenkinsop n'eurent qu'une vogue très-éphémère et disparurent dès qu'on eut reconnu que l'adhérence due au poids seul de la machine suffisait pour déterminer la progression sur les rails.

Il n'en est pas ainsi. Les machines à crémaillère furent employées pendant assez longtemps, car Tredgold, dans son ouvrage sur les chemins de fer, publié en 1825, les décrit comme étant toujours en service.

Un rapport adressé aux directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester, en mars 1829, et à la suite duquel eut lieu le fameux con-

cours des locomotives, d'où sortit vainqueur Stephenson, dit qu'une des machines de Blenkinsop avait, peu de semaines auparavant, remorqué 38 wagons, pesant 140 tonnes, à la vitesse de 2 à 3 1/2 milles à l'heure (3 200 à 5 600 mètres), sur une voie partie de niveau, partie avec rampes de 1 à 440 (0,0023 par mètre).

Enfin, Wood, dans la deuxième édition de son Traité des chemins de fer, publié en 1831, mentionne ces machines comme étant encore en usage et donne divers chiffres à leur sujet.

En 1836, les ateliers de construction de Neath Abbey, dans le pays de Galles (ateliers qui exposaient une locomotive à Londres en 1862), construisirent, pour les forges de Dowlais, une machine pour chemin à crémaillère.

Cette machine, dont on trouve un croquis dans le journal *Engineering* du 15 novembre 1867, avait six roues couplées; les cylindres extérieurs et inclinés commandaient un arbre qui actionnait par l'intermédiaire d'engrenages l'essieu d'arrière de la machine.

De plus, l'arbre à manivelles commandait aussi par engrenages un second arbre portant un pignon denté engrenant avec la crémaillère fixée entre les rails, ce pignon pouvant être relevé à volonté lorsqu'on ne se servait pas de ce mode de traction.

On voit que cette machine réalisait la propulsion mixte dont il a été parlé plus haut.

Elle présentait d'ailleurs certaines dispositions intéressantes, entre autres, un réchauffeur de l'eau d'alimentation par la vapeur sortant des cylindres et se rendant dans la cheminée.

En 1848, on employa la crémaillère pour faire remonter à des locomotives une rampe de 58 millimètres par mètre sur le Madison and Indianopolis railway, aux États-Unis; cette rampe n'avait guère qu'un kilomètre de longueur. M. Baldwin, de Philadelphie, construisit pour la desservir deux locomotives qui donnèrent de très-bons résultats.

Ces machines avaient des cylindres extérieurs et inclinés de $0^m,432$ de diamètre et 0,560 de course, commandant huit roues accouplées. La crémaillère, placée entre les rails, avait des dents de 10 centimètres de pas et de 25 de largeur; le pignon engrenant avec cette crémaillère était, par l'intermédiaire d'engrenages, commandé par une seconde paire de cylindres de 0,432 de diamètre et 0,457 de course, placés verticalement sur la chaudière.

Le pignon pouvait être, lorsqu'on ne se servait pas de la crémaillère, relevé par un renvoi de mouvement commandé par un cylindre à vapeur spécial dont le rôle paraît ici assez peu justifié.

Ces machines réalisaient la propulsion mixte, mais au moyen de dispositions compliquées, car il n'y avait pas moins de cinq cylindres à vapeur, et lourdes, puisque le poids était de 30 tonnes. On en trouvera un dessin dans l'ouvrage intitulé : *Locomotive Engineering and the mecha-*

nism of railways, by Zerah Colburn, 1864, ouvrage qui donne l'historique complet de la machine locomotive.

Enfin, en 1868, M. Sylvester Marsh, de Chicago, établit le chemin de Mount-Washington, dont il a déjà été question, avec des rampes qui dépassaient considérablement celles qui avaient été abordées jusque là par des locomotives.

NOTE D.

EMPLOI DES ENGRENAGES COMME ORGANE DE TRANSMISSION DANS LES MACHINES LOCOMOTIVES.

Nous avons mentionné, dans le courant de ce travail, que l'emploi d'engrenages , dans les machines à faible vitesse, permettrait de donner aux pistons moteurs un mouvement suffisamment rapide et d'obtenir ainsi des mécanismes légers et peu encombrants, ainsi qu'un tirage plus énergique. Cet emploi a été réalisé plusieurs fois pour le but que nous indiquons, bien qu'il ait également eu lieu dans un sens tout opposé, c'est-à-dire pour accélérer le mouvement des roues, disposition qui se justifie seulement par la répugnance qu'on éprouvait au début de la construction des machines pour imprimer aux pistons des oscillations un peu rapides.

Dans les machines de Blenkinsop, les engrenages étaient établis dans le rapport de 1 à 2, c'est-à-dire que les arbres commandés par les cylindres tournaient deux fois plus vite que l'essieu des roues servant à la progression, disposition éminemment rationnelle. A la même époque d'autres machines, à simple adhérence, furent également disposées de même, mais souvent on employa des engrenages égaux ne servant dès lors qu'à faciliter certains arrangements des organes sans modification de vitesse. Nous en signalerons un exemple d'autant plus remarquable qu'il présente quelque analogie avec les dispositions employées plus tard sur les machines Engerth.

C'est une machine construite en 1838 par les ateliers de *Neath Abbey*, déjà cités pour la *Rhymney Iron Company*. Cette locomotive, dont on trouvera un croquis dans le volume de l'*Engineering*, indiqué plus haut, était portée sur quatre essieux accouplés deux à deux et formant deux trucks pouvant pivoter sous la chaudière, ces deux groupes étaient reliés au moyen d'engrenages à un arbre intermédiaire commandé par deux cylindres extérieurs et inclinés ; les dents avaient une forme arrondie pour se prêter aux déviations des trucks articulés.

Quelquefois, comme nous l'avons dit, on employa les engrenages pour ralentir le mouvement du mécanisme, disposition tout à fait irrationnelle, dont on trouvera un exemple sur une machine américaine à quatre roues couplées avec chaudière verticale, décrite dans l'ouvrage de *Hodge sur les machines à vapeur aux États-Unis*.

Nous n'avons pas connaissance de machines locomotives à engrenages

accélérateurs du mouvement des pistons, ayant fonctionné en Europe sur les chemins de fer ordinaires depuis le développement de ces voies de communication; mais il en a été fait en Amérique; nous rapporterons ici les chiffres suivants qui corroborent complétement l'opinion que nous avons émise plus haut sur l'avantage de l'emploi d'engrenages accélérateurs du mécanisme moteur pour machines à faible vitesse.

Ces chiffres se rapportent à deux machines à marchandises, de même puissance, établies, l'une sans engrenages, l'autre avec engrenages.

La première était montée sur six roues, la seconde sur huit; dans celle-ci, l'arbre commandé par les cylindres faisait trois tours pour un tour des essieux des roues.

DÉSIGNATION	MACHINE avec engrenages.	MACHINE sans engrenages.
Diamètre des pistons	0m.355	0m.203
Course des pistons	0 .457	0 .381
Diamètre des roues	0 .914	0 .914
Volume développé par les pistons, par tour de roue, et ramené à la même pression	180 décim. cubes.	173 décim. cubes.
Rapport de la vitesse du piston à la vitesse de la machine	0m.318	1m.000
Poids de la machine	26 400 kil.	16 250 kil.

On voit que, pour ces deux machines, qui exercent sensiblement la même puissance, ayant même surface de chauffe et même volume de cylindres pour un avancement donné, les poids sont dans le rapport de 10 à 6.

Si donc on a besoin d'arriver au même poids total pour l'adhérence, on peut compléter le poids propre de la seconde machine par une charge utile de 4.

Nous avons emprunté cet intéressant exemple au journal l'*Engineer* du 21 février 1868.

On sait, d'ailleurs, que les locomotives routières, les machines de M. Larmanjat, etc., sont munies d'engrenages sans lesquels leur emploi serait difficile à réaliser.

Les puissances à transmettre dans le cas qui nous occupe sont en général assez considérables; aussi cherche-t-on, autant que possible, à donner une grande vitesse à la circonférence aux engrenages pour diminuer les pressions. Il est facile d'y arriver lorsqu'on peut donner de grands diamètres aux roues.

Nous donnons ci-après les éléments de ces transmissions dans les machines marines de M. B. Normand, dont il a été parlé note A.

DÉSIGNATION.	FRANÇOIS Ier. 100 chevaux nominaux.	LA FONTAINE. 70 chevaux nominaux.
Puissance transmise	400 chev.	280 chev.
Diamètre de la grande roue (propulseur)	2m.560	2m.560
Diamètre du pignon (machine)	1 .536	1 .120
Nombre de dents, grande roue (fonte)	80	80
Nombre de dents, pignon (bois)	48	35
Nombre de tours, grande roue	45	44
Nombre de tours, pignon	75	100
Vitesse à la circonférence de contact	6m.033	5m.900
Effort transmis	5 000 kil.	3 560 kil.
Largeur des dents	0m.280	0m.280
Épaisseur des dents de fonte	0 .044	0 .044
Épaisseur des dents de bois	0 .056	0 .056

L'engrenage est intérieur, ce qui permet d'avoir un plus grand nombre de dents en prise que si l'engrenage était extérieur; cette disposition est très-avantageuse, aussi ces transmissions résistent-elles très-bien à l'usure, on s'en fera une idée en observant que dans le voyage du Havre au Rio de la Plata, soit une marche de trente jours en moyenne à la vapeur sans arrêt, le pignon de l'arbre des machines de 70 chevaux nominaux du *La Fontaine* fait $100 \times 60 \times 24 \times 30 = 4\,320\,000$ tours.

Dans les machines locomotives, il ne serait pas possible d'avoir d'aussi grandes vitesses à la circonférence, parce qu'on est forcément restreint dans le diamètre des engrenages. Pour cette raison et pour d'autres encore, leur emploi présente certaines difficultés dont on a, croyons-nous, exagéré l'importance.

Toujours est-il qu'il est assez difficile de se former une opinion bien nette sur les résultats du fonctionnement propre des engrenages, d'après les expériences qui ont été faites au Semmering sur un système de machine dont la transmission par engrenages ne formait qu'un des éléments.

Nous rapportons ci-dessous les opinions émises par plusieurs ingénieurs qui ont eu entre les mains des machines à engrenages.

« On sait, dit M. Desgranges dans une lettre publiée dans les *Annales* « *des mines*, 1861, que ce système dut être abandonné après quelque « temps; de nouvelles épreuves furent encore tentées en 1858, mais on « y renonça également.

« Les engrenages, d'abord construits en fer, puis en acier, ne purent « résister et se brisèrent après un faible parcours. La consommation de « combustible, par rapport à la charge, ne présentait aucun avantage « sensible et, *quant à la dépense de graissage*, elle était *huit fois* celle des « autres machines à marchandises sans engrenages.

« Les ruptures se produisaient principalement à la descente. Lors-

« qu'on serrait les freins du tender, tout l'effort pour caler les trois « essieux de la machine était transmis par les engrenages, qui ne pou- « vaient résister. »

Nous trouvons dans une autre note de M. Desgranges, de 1862, de nouveaux renseignements sur le même sujet.

« Voulant nous éclairer et témoigner de notre bonne volonté pour « l'auteur du système, nous avons fait remonter les engrenages à une « machine; cette machine fonctionne, mais les défauts originels du sys- « tème n'en subsistent pas moins et en sont la condamnation.

« Les résultats obtenus sous le rapport de la consommation de com- « bustible ne présentent aucun avantage. *Quant à la dépense de graissage,* « elle est *de plus du double* de celle des autres machines. Enfin, nous « devons ajouter que la conduite de la machine offre de telles difficultés « que nous avons dû payer au mécanicien et au chauffeur, comme in- « demnité, une somme de 170 francs par mois pour les encourager et « les dédommager de leur supplément de travail.

« En présence de tous ces inconvénients, on peut dire que la machine « à engrenages du Semmering a été condamnée avec raison, dès l'ori- « gine, par les ingénieurs autrichiens, et elle l'est encore, avec non moins « de justice, à la suite des dernières expériences, *bien que les engrenages « eux-mêmes aient fait leur service sans subir de rupture.* »

Voici un tableau contenu également dans la note de M. Desgranges :

	Machine à engrenages.	Machine modifiée.
Charges remorquées	175^t	175^t
Coke par 100 tonnes de charge, et par kilomètre, non compris machine et tender	22^k	22^k
Huile par kilomètre	61^{gr}	29^{gr}

Voici maintenant l'opinion d'un autre de nos collègues, M. Chobrzyn- sky, exprimée dans une note insérée en 1860 dans les *Annales des mines.*

« L'application des engrenages, pour la transmission du mouvement à « la quatrième paire de roues[1], présentait de graves difficultés.

« Ces engrenages, faits en acier de la meilleure qualité, s'usaient « promptement, et leur travail occasionnait des perturbations et des se- « cousses nuisibles à la marche et à la conservation des machines. Il « fallut y renoncer en cherchant à conserver la surface de chauffe de « 200 mètres carrés et la charge de quatre paires de roues pour l'adhé- « rence. »

1. Il s'agit des machines Engerth, construites pour le chemin de fer du Nord, par l'usine de Seraing, et dont une, *le Duc de Brabant*, figurait à l'Exposition universelle de 1855.

On voit qu'il est très-difficile, d'après les trois notes dont nous venons de citer des extraits, d'établir la part réelle qui revient aux engrenages dans les difficultés qu'a présentées le service des machines Engerth où figuraient ces organes; mais fût-il même démontré que c'est bien aux engrenages qu'incombe la plus grande partie de ces difficultés, qu'il resterait encore à examiner si ces transmissions étaient établies dans de bonnes conditions de fonctionnement; c'est ce que nous allons faire.

D'après la note de 1862 de M. Desgranges, la répartition du poids sur les cinq essieux de la machine du Semmering était la suivante :

1er essieu avant	13 700	37 500
2e — —	12 050	
3e — —	11 750	
4e — —	3 500	21 500
5e — —	18 000	
Poids total		59 000

La machine développe, dans ces conditions, un effort de traction de 7 828 kilogrammes, à une vitesse de 4m,25 par seconde, soit à peu près 15 kilomètres à l'heure; le travail correspondant est de 33 270 kilomètres ou 444 chevaux. Le diamètre des roues étant de 1m,065, le nombre de tours, à la vitesse indiquée, est de 1,27 par seconde.

Le travail se répartit entre les deux groupes d'essieux reliés par les engrenages, proportionnellement aux poids supportés par ces groupes; l'engrenage transmet donc aux deux essieux d'arrière un travail de

$$33\,270 \times \frac{21\,500}{59\,000} = 1\,130 \text{ kilogrammètres.}$$

Le diamètre des roues dentées étant de 0m,573, la vitesse à la circonférence, avec 1,27 tours par seconde, sera de 2m,28, et l'effort transmis de 5 320 kilogrammes.

On ne peut compter que sur une dent en prise, à la fois, à cause du petit nombre de ces organes, 18 seulement par roue; la section de ces dents étant de 50 centimètres carrés, chaque centimètre carré supportera un effort, dans le sens transversal, de 106 kilogrammes.

Certes, même en faisant la part des chocs et des résistances irrégulières qui peuvent augmenter ce chiffre, il n'y a rien là que de très-modéré, eu égard à la nature des matières employées, ce n'est donc pas dans l'effort transmis pendant le travail par les roues dentées que doit être cherchée la cause des ruptures qui se sont produites, d'autant plus que nous ne devons pas perdre de vue la déclaration faite par M. Desgranges dans la note la plus récente, celle de 1862, *que les engrenages eux-mêmes ont fait leur service sans subir de rupture.*

Il y aurait plutôt lieu d'examiner si la pression de 5 320 kilogrammes (pression *minima*), transmise par des surfaces de contact très-réduites.

n'est pas telle que les matières grasses soient expulsées et par suite les surfaces métalliques promptement mises hors de service.

Il est intéressant de rechercher, comme point de comparaison, les conditions de fonctionnement des engrenages de transmission dans les machines du Rigi.

Dans ces machines, les engrenages transmettent un travail de 160 chevaux avec une vitesse à la circonférence de $1^{m},900$ pour 2,7 tours par seconde de l'arbre moteur, c'est donc un effort de 6 300 kilogrammes, plus considérable, par conséquent, que dans les machines du Semmering; mais cette pression se répartit sur deux systèmes d'engrenages; il en résulte que la section des dents étant $2 \times 0{,}15 \times 0{,}025 = 75$ centimètres carrés, chaque centimètre supporterait 83 kilogrammes, c'est-à-dire notablement moins qu'au Semmering, d'autant plus que par suite du plus grand nombre de dents, 43 pour la grande roue au lieu de 18, on peut compter avoir plus d'une dent en prise à la fois.

Mais la moindre pression par unité de surface ne suffit pas pour expliquer comment les engrenages des machines Riggenbach fonctionnent d'une manière tout à fait satisfaisante, tandis que ceux des machines Engerth auraient été une cause incessante d'embarras et de dépenses.

Les causes de cette infériorité sont, d'après nous, au nombre de trois :

1° Ces engrenages avaient un pas trop fort, 10 centimètres, tandis que ceux des machines du Rigi n'ont que la moitié; les dentures fines ont en effet une grande supériorité de fonctionnement, si l'on a soin, bien entendu, de conserver des sections totales suffisantes. Il est probable que les engrenages du Semmering auraient beaucoup mieux fonctionné avec 36 dents au lieu de 18.

2° Dans les machines Engerth, à cause de l'articulation établie entre la machine et le tender, les engrenages, se déplaçant les uns par rapport aux autres, éprouvaient un glissement transversal et surtout des obliquités qui venaient encore réduire l'étendue des surfaces en contact; ces engrenages devait nécessairement travailler dans des conditions très-défavorables, par rapport à des transmissions invariables, telles que celles des machines du Rigi, cette cause a dû avoir une influence considérable sur l'usure des dents et sur les dépenses de graissage.

3° Dans les machines Engerth, les engrenages agissaient comme organe d'accouplement reliant deux groupes d'essieux de masses très-différentes. Cette condition, déjà défavorable en travail régulier, se manifestait par un effet des plus fâcheux, lorsqu'on faisait agir les freins. L'action de ceux-ci sur le groupe placé sous le tender devait se faire sentir par l'intermédiaire des engrenages sur le système formé par les essieux de la machine et le mécanisme moteur, système ayant une masse considérable et animé par suite d'une forte puissance vive. Cette

disposition était éminemment vicieuse. Au Rigi, au contraire, les engrenages servant à transmettre la totalité du travail du mécanisme moteur à la roue dentée agissent sur la crémaillère; mais, d'une part, ce mécanisme n'a qu'une masse très-faible, et de l'autre, l'action des freins est combinée pour éviter aux engrenages la fatigue provenant de la puissance vive de ce mécanisme, puisque le frein agit sur l'arbre à manivelles lui-même.

On aurait, évidemment, considérablement diminué au Semmering la fatigue des engrenages en faisant agir les freins sur les roues de la machine et, mieux encore, sur les deux groupes d'essieux.

Nous nous bornerons à ces considérations, qui nous paraissent suffisantes, pour établir que les mauvais résultats qu'ont donnés les engrenages dans les machines locomotives tiennent bien plus aux conditions particulières, où l'application avait été faite, qu'au principe lui-même, et pour réagir dans une certaine mesure contre la prévention que rencontre généralement l'emploi de ce mode de transmission, dans le cas qui nous occupe.

Comme nous l'avons déjà dit dans le cours de ce travail, nous n'avons pas l'intention de développer, pour le moment, la question de l'emploi des engrenages; d'ailleurs, beaucoup de nos collègues sont plus compétents et mieux placés que nous pour le faire.

Néanmoins, nous ne terminerons pas cette note sans insister sur quelque points très-importants.

Si l'on voulait tenter quelques essais dans la voie de l'emploi des engrenages pour transmettre aux roues d'une machine locomotive, à faible vitesse, la puissance développée dans les cylindres, il faudrait employer des roues dentées d'aussi grand diamètre que possible, pour avoir plus de dents en prise et moins de résistances passives.

Cette condition exigerait l'emploi de roues de support de grand diamètre, ce qui serait, d'ailleurs, avantageux à d'autres points de vue.

Nous allons fixer les idées par quelques chiffres.

Supposons qu'il s'agisse de développer un effort de traction de 4 500 kilogrammes à une vitesse de $4^{m},50$ par seconde, le travail sera de 20 250 kilogrammètres, soit 270 chevaux.

En admettant un poids de 90 kilogrammes, approvisionnements compris, par cheval, ce qui est très-réalisable, puisque les machines du Rigi pèsent moins de 80 kilogrammes, le poids total sera de 24 300 kilogrammes.

Ce poids serait insuffisant pour obtenir l'effort de traction dont on a besoin; il devra être, si on compte l'adhérence au septième seulement, de 31 500 kilogrammes : c'est donc une charge supplémentaire, lest permanent ou momentané, ou charge utile, de 7 tonnes à peu près.

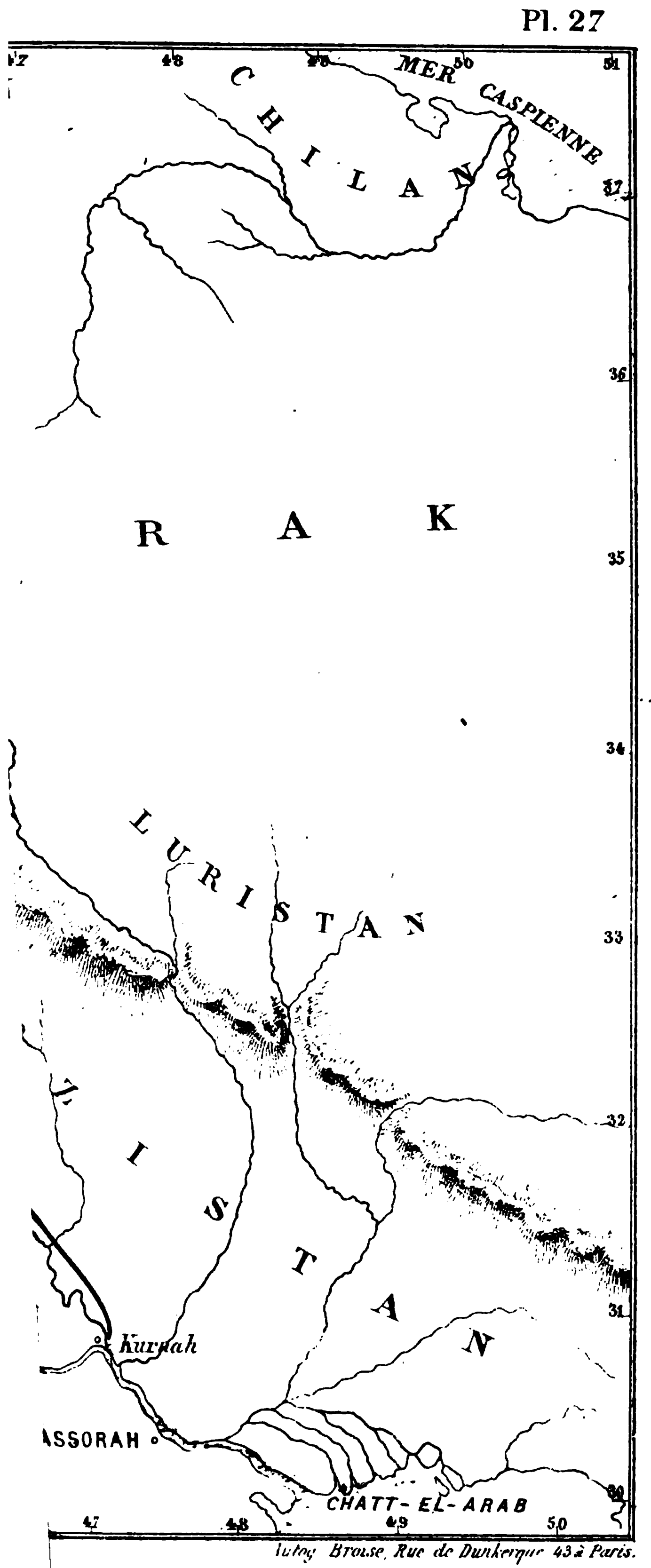
Avec un diamètre de roues de $1^{m},40$, le nombre de tours par seconde serait de 1,08 et avec un rapport de 3 pour l'engrenage, on arriverait à

faire tourner l'arbre moteur à 3,44 tours par seconde. Dans ces conditions, on pourrait faire produire à chaque mètre carré de surface de chauffe 3,5 chevaux ; il suffirait donc de moins 80 mètres carrés de surface totale. On aurait ainsi une chaudière de dimensions modérées, facile à installer et permettant de grouper convenablement les organes en se prêtant aux combinaisons mécaniques nécessaires.

La transmission par engrenages serait dans de très-bonnes conditions ; on pourrait donner 1 mètre de diamètre au moins à la grande roue dentée, ce qui conduirait à une vitesse, à la circonférence, de 3^{m},40 et à un effort de 6 000 kilogrammes environ pour 270 chevaux. C'est un effort moindre que dans les machines du Rigi ; avec une double transmission et des dentures fines, comme dans ces machines, on aurait certainement de bons résultats. Il est à peine besoin de dire que les roues dentées seraient mises, par des enveloppes convenables, à l'abri de la poussière, de la boue et des parties de ballast projetées par le mouvement de la machine.

Deux machines locomotives de ce genre, attelées dos à dos et desservies par un seul personnel, développeraient un travail probablement supérieur à celui de toute machine existant actuellement, demanderaient moins de frais d'établissement et exigeraient moins d'entretien, sans compter les services qu'elles pourraient rendre isolément pour des tractions plus modérées.

Paris — Imp. VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.



lithog. Brouse, Rue de Dunkerque 43 à Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(JUILLET, AOUT, SEPTEMBRE 1871)

N° 15

Pendant ce trimestre, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* — Discours de MM. Vuillemin et Yvon Villarceau (séance du 7 juillet, page 345).

2° *Nivellement de la France*, par MM. Yvon Villarceau et Lefrançois (séances du 7 juillet et 18 août, pages 354 et 368).

3° *Vicinalité* (service de la) (séances du 7 et 21 juillet, 4 août, pages 387, 359 et 367).

4° *Murs de soutènement* (calculs des), par MM. De Dion et Leygue (séances des 21 juillet et 18 août, pages 363 et 372).

5° *Combustibles* (utilisation de certains), par M. Pierre Thomas (séance du 21 juillet, page 353).

6° *Compas de marine* (causes de déviations du), par M. Arson (séance du 4 août, page 365).

7° *Chemin de fer à voie étroite*, par M. Nordling (séance du 1er septembre, page 374).

8° *Projectiles* (fabrication des), par MM. Jordan et Séverac (séances du 1er et 15 septembre, pages 375 et 379).

9° *Mont-Cenis* (tunnel du), par M. Gottschalk (séance du 15 septembre, page 377).

10° *Artillerie fédérale Suisse*, par M. Brustlein (séance du 15 septembre, page 378).

11° *Agriculture dans les départements envahis* (approvisionnements de l'), par M. Ronna (séance du 15 septembre, page 379).

12° *Pression de la vapeur aqueuse et la température* (relation simple entre la), par M. Duperray (séance du 15 septembre, page 383).

13° *Améliorations à introduire à Londres*, par M. Haywood (séance du 15 septembre, page 386).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Yvon Villarceau, membre de la Société, un mémoire sur les *Régulateurs isochrones*.

2° De M. Jules Garnier, membre de la Société : 1° Un exemplaire de son ouvrage sur un voyage autour du monde, la *Nouvelle-Calédonie*; 2° une brochure sur les *Migrations humaines en Océanie, d'après les faits naturels*; 3° une *Esquisse géologique et ressources minérales de la Nouvelle-Calédonie*; 4° *Paix ou Guerre*.

3° De M. Van Muyden, membre de la Société, une note sur *une Application industrielle de la chaleur solaire*.

4° De M. Caillaud, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur *la Vie et les Travaux de M. Fournet*, professeur de géologie à la Faculté de Lyon.

5° De M. Fiévet, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Comparaison des rails Vignole et à double champignon*, et *Considérations sur le calcul des rails*.

6° De M. Delesse, ingénieur en chef des mines, un exemplaire de sa *Revue géologique*, pour les années 1867 et 1868.

7° De M. Autier, ingénieur, un exemplaire de son *Exposé du système de moteur à vapeur économique ou à détente très-prolongée*.

8° De M. Fernique, membre de la Société, un exemplaire de son *Album d'éléments et organes de Machines, traités dans le Cours de*

construction des machines, première année, à l'École centrale, et un exemplaire d'une notice sur *un Voyage en ballon pendant le siége de Paris.*

9° De M. Goschler, membre de la Société, un exemplaire de la deuxième édition du tome premier, de son *traité pratique de l'Entretien et de l'Exploitation des chemins de fer.*

10° De M. Léon Malo, membre de la Société, une note intitulée : *l'Ingénieur rural.*

11° De M. Falguerolles, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur le *Chemin de fer de Séville-Xérès-Cadix.*

12° De M. Lefrançois, membre de la Société, un rapport sur le *Service vicinal.*

13° De M. Chabrier, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *la Politique d'un industriel; Gouvernement du pays par le pays.*

14° De M. Barbe, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur la *Dynamite*, par M. Brüll, et un exemplaire des Observations des professeurs et docteurs Bolley, Kundt et Pestalozzi, sur les *Précautions à prendre pour transporter la Dynamite.*

15° De M. Yvon Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Comète périodique d'Arrest.*

16° De M. de Dion, membre de la Société, une note sur le *Calcul des murs de soutènement.*

17° De M. Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées, de la part de M. de Latham, un exemplaire de son ouvrage sur une *Nouvelle route, par terre, des Indes en Angleterre.*

18° De M. Hudry-Menos, un exemplaire de sa brochure sur le *Tunnel des Alpes.*

19° De M. Guiter, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur les *Marbrières d'Égypte, Exploitation au Gebel-Geneffé.*

20° De M. Le Chatelier, ingénieur en chef des mines, un exemplaire d'une note sur l'*Épuration des Eaux d'égout par le sulfate d'alumine.*

21° De M. Curie, capitaine du génie, un exemplaire de sa nouvelle *théorie de la poussée des terres et de la stabilité des murs de revêtement.*

22° De M. Jules Garnier, membre de la Société, un exemplaire de sa *Note sur la Dynamite*, et un exemplaire de ses *Notes géologiques sur l'Océanie, les îles Taïti, et Rapa.*

23° De M. Albaret, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude des Ponts métalliques en arcs surbaissés.*

24° De M. Ronna, ingénieur, un exemplaire de sa communication relative à un projet de *Société pour l'approvisionnement et l'amélioration de l'agriculture dans les départements envahis de France.*

25° De M. Euverte, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur l'*Organisation de la main-d'œuvre dans la grande industrie.*

26° De M. Cialdi, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur les *Ports-Chenaux et Port-Saïd.*

27° De M. Ch. Liardet, ingénieur, un exemplaire de sa notice sur les *Chemins de fer régionaux ou d'intérêt local.*

28° De M. le Ministre des Travaux publics de Belgique, un exemplaire d'un *Compte rendu des Opérations, pendant l'année* 1869, *des Chemins de fer de l'État, Postes, Télégraphes.*

29° De M. Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées : 1° un exemplaire de sa brochure sur l'*Assainissement municipal de Paris pendant le siége;* 2° un exemplaire d'une brochure sur la *Vérification de la stabilité des arcs métalliques et sur l'emploi des courbes de pression ;* 3° un exemplaire de son mémoire sur l'*Assainissement de la ville de Bruxelles.*

30° De Madame veuve Laurent, un certain nombre d'ouvrages provenant de la bibliothèque de son mari, M. Charles Laurent, membre de la Société, ainsi qu'une très-belle peinture à l'huile représentant Bernard Palissy, faisant le premier sondage.

31° De M. Le Cordier, membre de la Société, un exemplaire de la *Description d'un nouveau mode de construction et d'exploitation de Chemin de fer d'intérêt local.*

32° De M. Colladon, membre de la Société, un exemplaire de la *Description de la terrasse d'alluvion, sur laquelle est bâtie la ville de Genève.*

33° *Annales industrielles*, les numéros du troisième trimestre 1871.

34° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du deuxième trimestre de 1872.

35° De l'Institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du deuxième trimestre 1871 de son bulletin.

36° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de juillet et août de 1871.

37° De la *Revue horticole*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

38° De la *Gazette du Village*, les numéros du deuxième trimestre 1870.

39° De la *Société des Ingénieurs autrichiens*, les numéros 11 et 12 de 1871, de leur *Revue périodique*.

40° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 8 de 1870.

41° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du premier trimestre 1871 de son bulletin.

42° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du premier trimestre 1871.

43° De la *Revue d'architecture*, les numéros 3 et 4 de l'année 1871.

44° De la Revue *les Mondes*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

45° Du journal *The Engineer*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

46° De la *Société d'encouragement*, les numéros du troisième trimestre 1871 de son bulletin.

47° De la *Société de géographie*, les numéros du troisième trimestre 1871 de son bulletin.

48° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, le numéro de juin 1870 de son bulletin.

49° *Des Annales des chemins vicinaux*, les numéros du premier trimestre 1872.

50° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du deuxième trimestre 1872.

51° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros du troisième trimestre 1871.

52° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du troisième trimestre 1871.

53° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du troisième trimestre 1871.

54° Du journal *le XIXe Siècle*, les numéros du premier trimestre 1872.

55° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du troisième trimestre 1871.

56° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du troisième trimestre 1871.

57° Du journal *le Cosmos*, les numéros du troisième trimestre 1871.

58° Du *Génie industriel*, les numéros du troisième trimestre 1871.

59° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du troisième trimestre 1871.

60° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

61° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du troisième trimestre 1871.

62° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du troisième trimestre 1871.

63° Du journal *la Houille*, les numéros du troisième trimestre 1871.

64° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du troisième trimestre 1871.

65° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du troisième trimestre 1871 de son bulletin.

66° Du journal *Engineering*, les numéros du troisième trimestre 1871.

67° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1871.

68° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le troisième numéro de son bulletin de 1871.

69° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome VIII de la troisième série de son bulletin.

70° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceedings de 1871.

71° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1871.

72° Du *Comité des forges de France*, les numéros 69, 70, du bulletin.

73° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro d'octobre 1870 de son bulletin.

74° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 11 et 12 de 1871 de son bulletin.

75° Des *Annales des mines*, les numéros des 7°, 8° et 9° livraisons de 1871.

76° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du troisième trimestre 1870.

77° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du premier trimestre 1871,

78° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du troisième trimestre 1871.

79° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du quatrième trimestre 1869 de son bulletin.

80° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du troisième trimestre 1871.

81° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, es numéros de son bulletin du troisième trimestre 1871.

82° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, les numéros le novembre et décembre 1870 de son bulletin.

83° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros !, 8, 9, 10, 11 et 12 de 1871 de leur bulletin.

84° *Société des Arts d'Edimburgh*, le deuxième numéro de 1871 de on bulletin.

Les Membres admis pendant ce trimestre sont :

Au mois de juillet :

M. Chapman, présenté par MM. Loustau, Tresca et Vuillemin.
Coupan, présenté par MM. Arson, Juncker et Péligot.
Larrue, présenté par MM. Contamin, Leygue et Prudent.
Monbro, présenté par MM. Goumet, Tresca et Vuillemin.

Au mois d'août :

MM. DENIS, présenté par MM. Alcan, Callon et Jordan.
DELAPORTE, présenté par MM. Contamin, Leygue et Prudent.
VALDELIÈVRE, présenté par MM. Loustau, Schivre et Vuillemin.

Au mois de septembre :

MM. GUÉROULT, présenté par MM. Barberot, Callon et Thomé de Gamond.
PICARD, présenté par MM. Joyant, Guebhard et Vuillemin.

Comme Membre associé :

M. DUPERRAY, présenté par MM. E. Flachat, Gottschalk et Vuillemin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

III[e] TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1871

Séance du 7 Juillet 1871.

Présidence de M. YVON VILLARCEAU

Le procès-verbal de la séance du 23 juin est adopté.

L'ordre du jour appelle l'installation des nouveaux membres du bureau et du comité.

M. VUILLEMIN, Président sortant, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Par suite des malheureux événements qui se sont déroulés depuis un an, et dont nous avons tous subi les fâcheuses conséquences, le mandat que vous aviez confié à votre comité a été prolongé bien au delà de sa durée habituelle. Consultée sur l'opportunité de procéder aux élections à l'époque ordinaire, votre assemblée générale, dans sa séance du 9 décembre, a décidé, à une forte majorité, qu'en raison de l'absence d'un grand nombre de sociétaires, les élections seraient ajournées, et qu'elles auraient lieu dès que les circonstances le permettraient. C'est pour nous conformer à cette décision que vous avez été appelés à procéder au renouvellement du comité dans votre dernière séance et à assister aujourd'hui à son installation.

Avant de céder le fauteuil au savant membre de l'Institut, que vos suffrages ont appelé à la présidence, je viens vous rappeler en quelques mots les principaux faits et travaux de la Société pendant l'année 1870.

Accordons d'abord de nouveaux témoignages de regret aux nombreux collègues que la mort nous a ravis pendant ces temps calamiteux ; la liste en est longue, et parmi ceux dont la perte est la plus regrettable pour le génie civil, je citerai : Léonce Thomas, l'un des fondateurs de la Société des Ingénieurs civils, appelé constamment depuis 22 ans à faire partie de son comité, et dont mon prédécesseur, dans la séance du 7 janvier 1870, vous a énuméré les principaux travaux. M. Debauge, ancien élève

de l'École centrale, qui l'un des premiers a pris part à la grande industrie des chemins de fer en France. Successivement ingénieur des Compagnies de Montereau à Troyes, de Tours à Nantes et du Midi, M. Debauge s'était occupé surtout dans ces derniers temps de la construction des chemins de fer économiques ; c'est lui qui a établi la ligne de Fougères à Vitré. Ed. Lefèvre, ingénieur de la traction au chemin de fer de l'Est, ancien élève des Écoles des Arts et Métiers et centrale. Admis en sortant de cette dernière à la Compagnie de l'Est comme simple chauffeur, Lefèvre s'est élevé petit à petit, par son seul mérite, au grade le plus élevé que comporte ce service.

La Société a perdu en outre M. Foucou, qui s'était occupé spécialement des gisements et de la recherche des huiles minérales ; Tardieu, ingénieur distingué du chemin de fer de Lyon ; Géruzet, Laveissière, Poulot, Goutaudier, Cazaux, Guelle, Coburn, André, Seillière, Hubert et Thouvenot.

Enfin, l'une des pertes les plus sensibles que la Société ait éprouvées est celle de Victor Bois ; sa mort a passé presque inaperçue au milieu des préoccupations de Paris à cette époque. Nommé secrétaire particulier, chef du cabinet du Ministre des travaux publics, à la suite de la révolution du 4 septembre, quelques semaines après, le 26 du même mois, Victor Bois succombait à la peine, accablé par des travaux de toutes sortes concernant la défense de Paris, et dont la réalisation ne souffrait pas le moindre retard. C'est en partie à l'instigation de notre collègue qu'a été instituée pendant le siége, la Commission du génie civil, qui a occupé un si grand nombre d'ingénieurs civils. Dans la mission délicate que les tribunaux lui confiaient habituellement, Victor Bois avait su se concilier l'estime et l'affection de tous par son esprit d'équité et par l'aménité de son caractère.

Messieurs, bien que le soin incombe à mon successeur d'énumérer les pertes éprouvées par la Société pendant l'exercice courant, je ne puis me dispenser de rappeler et de déplorer la mort de trois de nos plus anciens et de nos plus chers collègues, MM. Petiet, Ch. Laurent et Girard. Une notice détaillée sur la vie et les travaux de Petiet sera rédigée par son éminent ami et collaborateur Eug. Flachat et publiée dans nos bulletins. Ch. Laurent nous a été enlevé au moment où la plupart d'entre nous se proposaient de lui accorder leurs suffrages pour la présidence. M. Girard, d'après les renseignements recueillis, aurait péri victime de la guerre, tué par les Prussiens, sur un des bateaux faisant le service de la Seine.

Permettez-moi maintenant de vous parler des récompenses accordées à des membres de la Société. Des décorations françaises et étrangères ont été données à un assez grand nombre. M. de Dion a reçu la croix d'officier de la Légion d'honneur ; MM. Garnier, Jordan, de Laborie, Dietz, Ribail et Raucès ont été nommés chevaliers du même ordre ; MM. Desbriere, Barnès, Thouvenot, Agnès, Végni, Lebon et Maury ont été décorés de divers ordres étrangers. Enfin une récompense du plus haut mérite, le prix Montyon a été décerné à M. Arson pour son mémoire sur l'écoulement du gaz en longues conduites, travail déjà récompensé précédemment par la médaille d'or de notre Société. De notre côté, nous avons accordé à M. Jordan la même médaille pour sa note sur la fabrication de l'acier fondu par affinage de la fonte avec chauffage par combustion intermoléculaire ; des mentions spéciales ont été faites des remarquables mémoires de MM. Leygue, Desmousseaux de Givré et Grand sur les tabliers des ponts métalliques, sur les solides et les treillis isotropes, et sur les huiles de pétrole, mémoires désignés par les diverses sections du comité pour concourir à la médaille.

Un de nos membres les plus savants à qui, malgré sa récente admission parmi nous,

vous aviez déjà conféré le titre de vice-président, nous a quittés pour remplir auprès du gouvernement autrichien les fonctions de directeur général des chemins de fer. Tout en regrettant l'éloignement de M. Nordling, nous avons à nous féliciter d'avoir vu appelé à cette haute position un de nos collègues, qui continue à faire partie de la Société.

La construction de notre hôtel, déjà très-avancée, a été forcément interrompue pendant le siége. Dès le mois de février, nous nous étions mis en mesure d'en hâter l'achèvement, lorsque l'insurrection du 18 mars est venue de nouveau suspendre nos travaux. Cependant les principaux ouvrages, la maçonnerie, la charpente et la toiture sont achevés; nos entrepreneurs vont se remettre à l'ouvrage, et il y a tout lieu d'espérer que, dès le commencement de 1872, la Société pourra tenir ses séances dans un local digne d'elle.

Pendant le premier semestre de l'année 1870, la Société a tenu régulièrement ses séances; mais, à partir du mois de juillet, l'absence d'un grand nombre de ses membres et les préoccupations de la guerre ne nous ont pas permis de vaquer à nos travaux habituels. Après une interruption de 3 mois, nous avons eu chaque semaine des séances, dites de conversation, dans lesquelles il a été rendu compte des travaux de défense effectués par des membres de la Société, et parlé de questions concernant les événements du jour.

Parmi les sujets traités pendant le premier semestre, je rappellerai :

La communication sur la mise en relation des voyageurs avec les agents dans les trains de chemin de fer, en Angleterre, par M. Banderali, si compétent en cette matière. Quoique à l'ordre du jour depuis longues années, dans tous les pays, cette question n'est pas encore résolue d'une manière satisfaisante.

M. Stilmant vous a entretenu d'un projet de chauffage des voitures de chemin de fer, au moyen de la vapeur qui s'échappe des cylindres des locomotives; ce problème, encore plus compliqué que le précédent, est loin d'être résolu, et doit comme lui exercer de nouveau la sagacité des ingénieurs.

La question si complexe des chemins de fer d'intérêt local a encore été traitée dans nos séances, à propos d'une communication de M. Larmangeat sur l'application de son système en Portugal. La discussion qui a eu lieu à cette égard a démontré que si, dans quelques cas exceptionnels, ce système peut être adopté, il n'était pas à préconiser.

M. Richard nous a rendu compte du livre de M. Em. Level, dans lequel l'étude des chemins de fer d'intérêt local a été faite à fond, et en pleine connaissance de cause.

M. O'Brien vous a donné l'énumération des nombreux projets de chemins de fer qui ont été proposés pour le passage du détroit entre la France et l'Angleterre.

Enfin, en ce qui concerne les chemins de fer, M. Marché vous a lu une étude fort complète sur le poids mort dans les transports en chemin de fer, sur son influence dans le prix de revient. Il résulte de ce travail, qui sera consulté avec fruit par tous ceux qui s'occupent de la matière, que si les chemins de fer présentent une grande supériorité sur les autres moyens de transport, au point de vue de la célérité et de la régularité, il n'en est pas de même sous le rapport de l'utilisation des véhicules de transport. Cette infériorité tient essentiellement à l'obligation qu'ont à remplir les Compagnies d'offrir à toute heure et dans toutes les localités les places disponibles dans les trains, tandis que le roulage et la batellerie partent à leur jour et attendent que le chargement soit à leur convenance.

Dans les arts physiques et chimiques, M. Monthiers, à propos du chauffage et de la ventilation des salles de l'hôtel de la Société, a rappelé les moyens que l'on pourrait employer pour atteindre ce but, et a décrit les procédés qu'il a appliqués dans la ventilation de plusieurs salles publiques.

M. Laming vous a fait une communication intéressante sur les variations de pression du gaz d'éclairage, et sur les moyens d'y remédier par l'emploi de régulateurs. M. Grand, dans un mémoire très-étendu, a fait une étude complète des huiles de pétrole, de leur origine, de leur fabrication, de leur emploi et de leur avenir. Le travail de notre collègue, qui est publié en entier dans nos bulletins, sera consulté avec fruit par les ingénieurs que la question intéresse.

MM. Paul Charpentier et Weil vous ont fait part de nouvelles méthodes pour l'analyse volumétrique du fer, des alcalis et des acides minéraux, et pour le dosage volumétrique du cuivre.

Enfin, vous avez suivi avec le plus grand intérêt la communication qui vous a été faite dans plusieurs séances par M. Alfred-Durand Claye, ingénieur des ponts et chaussées, sur l'utilisation des eaux d'égout de la ville de Paris, et plusieurs d'entre vous, après avoir visité les bassins et les terrains d'expérience de la presqu'île de Gennevilliers, ont pu se rendre compte de l'efficacité des procédés employés par les ingénieurs de la ville pour l'utilisation de ces eaux et pour l'assainissement de la capitale.

M. Guébhard vous a entretenu des sociétés coopératives et de consommation, question qui, à notre époque, doit appeler l'attention de tous ceux qui s'occupent d'industrie et particulièrement les ingénieurs civils.

Tels sont, messieurs, les principaux travaux dont la Société s'est occupée pendant le premier semestre de l'exercice 1870 ; mais les événements survenus pendant la deuxième partie ont imprimé à vos travaux une tout autre direction : je vais les résumer en quelques mots.

Dès le commencement du mois d'août, en vue de l'investissement de Paris, votre président offrit à M. le Ministre des travaux publics le concours des membres de la Société pour utiliser leurs services à la défense de la capitale; cette offre fut acceptée avec empressement. D'un autre côté, par décision ministérielle, en date du 13 septembre, sur la proposition de notre collègue Victor Bois, une Commission de 6 membres fut instituée au Conservatoire des Arts et Métiers, afin de répartir dans diverses directions le service des ingénieurs civils. Cette Commission, encore en fonctions aujourd'hui, outre un ingénieur des mines, comprend 5 membres de notre Société, et parmi eux votre président sortant; elle a accepté les services de la plupart de nos collègues présents à Paris, pendant le siége, et d'un certain nombre d'ingénieurs des mines et des Écoles centrale et des Arts et Métiers.

Son président, si actif et si dévoué, M. Tresca, a bien voulu me promettre de donner à la Société un compte rendu détaillé des services organisés par la Commission du génie civil, et des nombreux travaux qu'elle a fait exécuter pour les ministères de la guerre et des travaux publics. En vous énumérant les principaux sujets traités dans nos séances pendant le siége de Paris, je devais nécessairement vous parler de la Commission du génie civil à cause de ses relations avec notre Société. Parmi ceux d'entre nous à qui elle a confié des services, ou qui ont offert directement leur concours aux divers ministères, je citerai les suivants :

MM. Muller, Émile et Paul ont rendu compte de l'organisation des services dont ils ont été chargés par la Commission du génie civil : hygiène, recherches et assainissement

des eaux, secours contre l'incendie et le bombardement, conservation des édifices publics.

M. Mombro, à qui a été confiée la surveillance des pompes à incendie à vapeur de la ville, nous a entretenus de ces services, et M. Callon, des moyens de fournir à ces pompes l'eau en quantité suffisante.

M. Laming nous a fait connaître quelles étaient les ressources de la Compagnie parisienne pour l'éclairage au gaz, et les dispositions prévues pour y suppléer, lorsqu'il ferait défaut.

Le capitaine Farcy nous a donné la description de sa canonnière.

Les ballons ont joué un rôle important pendant le siége, et ont fait l'objet de plusieurs communications par MM. Simonin, Lefrançois et Thomas (Pierre).

Parmi les travaux de défense, MM. Trélat et Deroide vous ont entretenu de ceux qu'ils ont été chargés d'exécuter pour le gouvernement : terrassements et ouvrages de fortifications, construction de casemates blindées, etc. ; et MM. Évrard et Desprès de leurs projets de fortifications mobiles et d'inondation de la vallée de la Seine en amont de Paris.

En ce qui concerne les engins de guerre proprement dits, plusieurs séances ont été consacrées à la description des nouveaux canons et de mitrailleuses, par M. Prou et Girard, et par M. Thomas (Pierre), sur le télémètre de M. Le Cyre.

M. Jordan, dont vous connaissez la compétence en métallurgie, et à qui la Commission du génie civil avait confié la surveillance de la fonte des canons chez plusieurs industriels, après avoir retracé l'historique de la fabrication des canons en bronze, nous a fait la description détaillée des conditions exigées et des procédés employés pour cette fabrication toute nouvelle dans l'industrie parisienne.

A plusieurs reprises, M. Brüll nous a renseignés sur l'emploi de la dynamite comme moyen de destruction d'obstacles pendant la guerre.

Enfin une question non moins intéressante que les précédentes, celle de l'alimentation, a été traitée par plusieurs de nos collègues, entre autres par M. Maure, qui vous a entretenu des moulins établis à Paris pendant le siége.

Messieurs, au moment où l'Assemblée nationale fait un enquête sur les fournitures livrées à l'État pendant la guerre, je me fais un devoir de signaler le patriotisme et le désintéressement dont ont fait preuve et la Commission du génie civil et les nombreux ingénieurs qui lui ont donné leur concours ; leurs services ont été entièrement gratuits, et aucune rémunération n'a été demandée. En outre, les marchés ont été passés pour ainsi dire publiquement ; tous les industriels reconnus capables de faire bien et promptement ont été appelés, et je ne crains pas d'avancer que, malgré les circonstances défavorables, la rareté de la main-d'œuvre et des matières premières pendant l'isolement de Paris, les travaux exécutés par la Commission du génie civil peuvent soutenir toute comparaison pour la bonne exécution et la modicité des prix avec tous les travaux similaires exécutés hors de Paris. C'est là la seule récompense que nous avions à ambitionner.

L'expérience faite par les administrations de la guerre et des travaux publics pendant le siége de Paris impose au gouvernement le devoir d'accorder à l'avenir une plus grande part à l'industrie privée dans la fabrication des armes et dans les travaux de la guerre, et de restreindre de plus en plus le monopole réservé aux agents et aux manufactures de l'État; réunissons tous nos efforts pour atteindre ce but.

On parle beaucoup depuis quelques temps de décentralisation, et de laisser aux communes et aux départements une plus large initiative ; notre Société ne doit pas

rester étrangère à ces questions, et ainsi qu'un de nos collègues l'a déjà fait, j'appelle l'attention des ingénieurs civils sur un rapport à l'Assemblée nationale, dont la conclusion serait de confier exclusivement à un corps spécial de fonctionnaires publics, non-seulement les travaux des routes nationales et départementales, mais encore ceux de toute la vicinalité. Notre Société doit réagir contre cette tendance antilibérale. Après les cruels événements qui ont causé tant de ruines, après que la France a perdu deux de ses provinces les plus riches et les plus industrielles, le moment est venu de réparer nos désastres, de reconstruire nos travaux publics, de rétablir les forges, les filatures, les tissages et autres usines qui nous ont été enlevées ; nous avons tous le devoir de nous remettre à l'œuvre, ingénieurs de l'État, ingénieurs civils, et je suis persuadé qu'aucun de nous ne faillira à cette tâche.

Permettez-moi maintenant, mes chers collègues, en cédant la place à mon digne successeur, de vous adresser de nouveau mes remercîments pour l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à votre présidence, et surtout pour la bienveillance que vous n'avez cessé de me témoigner dans l'accomplissement de cette haute mission, pendant ces temps difficiles.

M. Yvon Villarceau prend place au fauteuil et prononce l'allocution suivante :

Messieurs et chers Confrères,

Le célèbre ingénieur qui vous a si puissamment aidés à surmonter les obstacles, à éviter les périls d'une situation tourmentée, quitte le fauteuil de la présidence. Grâce à ses efforts, les événements n'ont pas eu sur notre Société les conséquences qu'on eût pu redouter. Faisant appel à votre patriotisme, M. Vuillemin a voulu que la Société des Ingénieurs civils accomplît, pour le salut de la capitale, tout ce dont l'intelligence et le dévouement sont capables. Vous l'avez brillamment secondé, et je crois être votre interprète en lui offrant de vifs remercîments pour son habile et active présidence.

En m'appelant à remplacer M. Vuillemin, vous m'avez imposé une tâche difficile qui m'obligera à recourir plus d'une fois à l'assistance de vos vice-présidents : vous m'avez fait un honneur auquel j'attache le plus grand prix. Cet honneur est pour moi un haut témoignage d'estime; il témoigne également de l'esprit de confraternité que vingt années de collaboration ont entretenu et développé. Permettez-moi de vous en exprimer toute ma reconnaisance. Qu'il me soit permis de m'en féliciter à un autre point de vue : ce n'est pas à la suite d'une participation directe à l'exécution des grands travaux industriels que ma place au milieu de vous a été marquée, mais plutôt à la suite de tentatives plus ou moins heureuses, faites dans le but d'appliquer à la solution des problèmes industriels les méthodes et les ressources que nous offrent les sciences physiques et mathématiques. Le choix que vous venez de faire d'un représentant des sciences appliquées me parait être une heureuse manifestation en faveur de la théorie; car, aujourd'hui encore, de regrettables préjugés à l'endroit de la science ou de la théorie sont enracinés dans beaucoup d'esprits : la confiance qu'on est uniquement disposé à accorder aux résultats acquis par l'expérience ne permet guère de suivre les voies ouvertes par la théorie, et les

progrès de l'art de l'ingénieur en sont d'autant retardés. Telles ne sont pas assurément vos dispositions ; vous avez tous débuté par l'étude des sciences, et chacun de vos travaux offre la preuve que vous ne négligez aucune occasion d'en utiliser les préceptes. C'est donc bien consciencieusement que vous avez fait ce que j'appelle une manifestation en faveur de la théorie : je suis heureux de vous en avoir fourni l'occasion.

Le préjugé auquel je fais allusion vient, il est vrai, de recevoir une rude atteinte ; mais au prix de quels désastres ! Tout le monde, en effet, s'accorde à attribuer les malheurs de la patrie à des causes parmi lesquelles il faut ranger en première ligne la supériorité de nos ennemis dans les applications des méthodes scientifiques à l'art de la guerre. Le reproche qui en rejaillit sur notre administration ne saurait toutefois s'adresser au corps des ingénieurs civils ; car, ainsi que vient de le rappeler mon honorable prédécesseur, l'activité et l'intelligence qu'ont développées les membres de notre Société, pendant le siége de Paris, ont produit, en un temps très-court, des résultats vraiment prodigieux et qui ont étonné nos ennemis, s'ils n'en ont obtenu l'admiration : un appel au concours de l'industrie privée, fait en temps opportun, eût peut-être changé la face des choses !

Je ne rechercherai pas les autres causes de nos désastres ; je tiens seulement à constater que deux corps, celui de la marine et le corps des ingénieurs civils, ont échappé à l'influence de démoralisation qui a causé nos premiers revers et entraîné tous les autres, et à vous dire que, dans ma pensée, la cause de cette immunité est le *travail*. La vie du marin, comme celle des ingénieurs civils, est une vie de travail, soutenue, incessante, avec laquelle la vie de garnison pratiquée par nos troupes de terre, sous le dernier régime, ne présente aucune analogie. C'est au *travail* que seront dus particulièrement la régénération et le salut de notre malheureuse patrie, et j'espère bien que les ingénieurs civils, fidèles à leurs traditions, y contribueront pour la plus large part. Honneur donc au *travail !*

Certes, vous ne vous attendez pas, mes chers confrères, à ce que je vous propose un programme à exécuter durant le second semestre de la présente année. En supposant que le temps ne fût pas insuffisant pour entreprendre une œuvre solide, je ne saurais avoir la prétention de vous engager dans une voie nouvelle ; le comité que vous avez nommé serait, sous ce rapport, bien plus compétent que votre président. Je vous demanderai seulement la permission de vous soumettre quelques idées personnelles sur des questions d'intérêt général, et de vous indiquer des travaux actuellement étrangers aux ingénieurs civils et que mon expérience me fait considérer comme étant tout à fait de leur compétence.

Il m'est impossible d'échapper à la préoccupation douloureuse que les calamités accumulées sur le pays entretiennent au fond de tous les cœurs. Jetant un regard en arrière, nous voyons la France précipitée dans les horreurs de la guerre par un gouvernement insensé, exploitant dans un intérêt de famille la crédulité populaire au moyen d'un plébiscite : ce gouvernement ferme volontairement les yeux sur la puissance de l'ennemi, et son incapacité à organiser les moyens de toute nature que réclame la prudence la plus vulgaire le conduit, de défaites en défaites, malgré la valeur incontestable de nos soldats, à l'épouvantable catastrophe où il eût englouti l'honneur de la France avec la dynastie impériale, si la ville de Paris n'avait pris le parti de la résistance. Notre Société peut revendiquer fièrement une belle part dans

l'accumulation des moyens de résistance que Paris a opposés à l'envahisseur. La famine seule en a pu triompher; mais l'honneur de la France était sauvé. Eh bien! cette énergie, ce dévouement dont notre Société a donné des preuves, il faut aujourd'hui les employer à prévenir le retour de pareils malheurs.

Il est extrêmement probable que les ingénieurs civils seront appelés à diriger la construction de nombreux engins de guerre et des travaux de fortification d'une importance considérable; mais leur coopération à l'œuvre de régénération du pays ne se bornera pas aux travaux de l'ordre militaire: il me semble que les ingénieurs civils auront d'immenses services à rendre dans l'ordre administratif, dans les fonctions publiques que la plupart d'entre nous ont négligé de rechercher, les considérant sans doute comme trop étrangères à l'art de l'ingénieur. Les fonctions publiques sont, les unes rémunérées, les autres gratuites: le personnel des premières ne se recrute que dans une faible proportion parmi les ingénieurs civils; au contraire les fonctions gratuites sont accessibles à tous et les titulaires, institués le plus souvent par voie d'élection (membres des municipalités, conseillers généraux des départements, membres de commissions d'utilité publique, etc.). Ces diverses fonctions, pour être convenablement remplies, exigent un ensemble de connaissances générales et des habitudes administratives que l'on trouve réunies chez la plupart des ingénieurs civils. Dès lors, il serait à désirer que, laissant de côté toute fausse modestie, chacun de nous consentît à faire un sacrifice à la chose publique, en acceptant ou même briguant l'honneur de remplir une de ces fonctions.

Le désordre que nous avons vu régner dans beaucoup de municipalités, pendant le siége de Paris, ne provenait-il pas principalement de l'incapacité administrative de leur personnel? Rappelons-nous, par exemple, ces longues files de ménagères faisant la queue devant les établissements municipaux, durant de longues heures, par une température de 8 à 10° au-dessous de zéro, et souvent obligées à se jeter à terre, pour échapper aux éclats des obus. Un pareil spectacle nous aurait été certainement épargné, si les administrations municipales eussent compté parmi leurs membres l'un de ces ingénieurs de chemins de fer qui réussissent à organiser en une demi-heure la distribution des billets, l'enregistrement des bagages et le départ d'un train de 6 à 800 voyageurs.

Le gouvernement déchu semblait cependant avoir compris la supériorité des ingénieurs civils en matière d'administration : je me rappelle, en effet, avoir entendu l'un des plus hauts fonctionnaires du Ministère de l'agriculture et du commerce déclarer qu'il avait l'habitude de répondre aux personnes qui lui demandaient des places dans ses bureaux : « Mettez-vous pendant quelques années au service de telle ou telle compagnie de chemin de fer, et revenez ensuite. » C'est qu'en réalité, l'importance des travaux administratifs de nos grandes compagnies de chemins de fer égale souvent, si elle ne dépasse quelquefois, celle de plusieurs de nos ministères. Quelle que soit donc la forme gouvernementale que l'avenir réserve à la France, les gouvernants ne sauront trouver de meilleurs auxiliaires pour la réorganisation du pays que dans le corps des ingénieurs civils. En abandonnant un instant, pour la réaliser, le cours de leurs travaux habituels, les ingénieurs assureront la reprise de ces travaux sur une plus vaste échelle et retireront de là plus que de simples dédommagements.

Sur le terrain des généralités, nous rencontrons l'inévitable, je dirai presque l'éternelle *question sociale*, question traitée successivement par les religionnaires, les philosophes et, dans notre siècle, par les économistes. Si les théories qui s'y rattachent

ont été d'abord élaborées par des ingénieurs d'un haut mérite, il ne faut pas perdre de vue que d'autres ingénieurs, sans faire de bruit et dans un cercle restreint, ont réussi à introduire des améliorations notables au sort des ouvriers qu'ils emploient. Aucun de nous n'a oublié les succès obtenus au chemin d'Orléans par notre regretté confrère C. Polonceau, qui a pu procurer à prix de revient à ses employés les objets de consommation courante, ni la participation à laquelle ces derniers ont été admis aux bénéfices de l'exploitation. L'exemple de Polonceau a été suivi dans la plupart des autres chemins de fer, et il me paraît indubitable qu'on doive attribuer à la sollicitude de nos Compagnies pour leurs employés cet important résultat : que les gens de la *Commune* n'ont pu recruter dans les gares de chemins de fer qu'une proportion d'adhérents tout à fait minime.

En ces circonstances, les ingénieurs se sont faits les intermédiaires entre les maîtres de la production et les producteurs. S'ils avaient pu se faire la même position dans les autres industries, il n'est pas douteux que Paris aurait échappé aux massacres et aux incendies par lesquels s'est terminé le règne de la Commune; je dirai plus : les partisans de la Commune n'auraient pas osé lever la tête, le 18 mars.

Que les ingénieurs continuent donc leur rôle d'intermédiaires entre le capital et le travail, puisque c'est à ces deux termes que les intéressés réduisent la question, et l'œuvre si désirable de la pacification pourra s'accomplir. Toutefois, en y regardant de près, on voit se développer les proportions du problème à résoudre. L'un des buts, par exemple, que l'ingénieur se propose d'atteindre est de tirer le meilleur parti de toutes les forces productives dont il dispose : or, quand on range l'ouvrier parmi les agents de la production, il est impossible de ne tenir compte que de la force musculaire dont il est capable, force que d'ailleurs on remplace tant qu'on le peut par celle des machines; il faut surtout avoir égard aux facultés de l'intelligence, facultés qui élèvent l'homme au sommet de l'échelle des êtres dont la connaissance nous est accessible. De là, pour les ingénieurs, la nécessité, le devoir même, de s'occuper sérieusement de l'instruction, de l'éducation des ouvriers. Quel est celui d'entre nous qui ne reste attaché par le sentiment d'une vive reconnaissance aux professeurs qui ont contribué au développement de son intelligence; et comment douterions nous qu'il n'en pût être ainsi des ouvriers, à l'égard de ceux qui leur auront donné des témoignages d'une affectueuse sollicitude? La grande séparation des différentes classes de la société, à laquelle on attribue nos divisions, cessera de produire de telles conséquences, dès que les ingénieurs auront compris leur rôle de trait d'union entre deux classes dont les intérêts si opposés en apparence sont en réalité les mêmes. Alors la fraternité qu'on enseigne depuis dix-huit siècles, et qui figure dans notre devise nationale, cessera d'être un vain mot.

Permettez-moi, mes chers confrères, d'espérer que votre dévouement à la chose publique, aux intérêts sacrés de la patrie, dévouement dont vous avez donné tant de preuves, restera à la hauteur du rôle que vous aurez à remplir dans l'ordre d'idées que je viens de vous exprimer.

En ce qui concerne les applications spéciales de la science de l'ingénieur, j'aurai à appeler votre attention sur deux points seulement.

Il y a déjà longtemps, à l'occasion d'une de nos expositions quinquennales, je vous ai signalé la construction des instruments de précision comme digne de vos méditations. A cette époque, les artistes s'occupaient seuls de ce genre de construc-

tion, et les produits de leurs ateliers étaient limités aux appareils de petites dimensions que vous connaissez tous. Depuis lors, certains instruments astronomiques ont pris des proportions énormes, et, l'outillage des artistes étant devenu insuffisant, il a fallu transformer leurs ateliers. J'ai, pour ma part, contribué à la transformation de ceux de la maison Sécrétan, qui a construit pour l'Observatoire un premier équatorial du poids de plusieurs milliers de kilogrammes; d'autres instruments, comparables à ce dernier pour la masse, y ont été construits dans la suite. Les succès obtenus ont déterminé le contre-maître de cette maison à fonder un nouvel établissement, qui, dès l'origine, s'est trouvé amplement pourvu de commandes provenant particulièrement de l'étranger. Cependant, ce dernier établissement a été chargé de construire, pour l'Observatoire de Paris, un instrument parallactique dont le miroir doit avoir 1m2 de diamètre, et pour lequel un crédit de 400 000 fr. a été accordé; la masse de cet instrument sera comparable à celle d'une locomotive. La partie optique avait été confiée aux soins de notre illustre et regretté confrère L. Foucault; heureusement celui-ci a laissé un élève qui, nous l'espérons, continuera fidèlement l'œuvre du maître.

Peut-être trouvera-t-on convenable de ranger dans la catégorie des établissements que je viens de mentionner celui de nos confrères MM. Sautter et Lemonnier : vous savez qu'en effet ces messieurs se livrent à la construction des phares[1].

Les établissements où l'on travaille les grandes masses que j'ai citées me paraissent de nature à intéresser notre Société. Or, ces établissements sont susceptibles de recevoir un développement considérable, et digne également de fixer votre attention. En effet, les instruments qui s'y construisent doivent être complétés par de nombreux appareils mécaniques accessoires, ils doivent être abrités sous des constructions spéciales qui constituent elles-mêmes de véritables machines, et que, dans l'état actuel des choses, les astronomes sont obligés de faire exécuter par des mécaniciens étrangers à la construction des instruments eux-mêmes. De là, de certains embarras qui restreignent inévitablement les commandes. Il y aurait donc tout avantage à ce que les constructeurs des instruments proprement dits se chargeassent également de la construction des appareils accessoires, dômes tournants et abris de nature quelconque. Les détails dans lesquels je viens d'entrer feront comprendre, je l'espère, que la construction des grands instruments astronomiques et de leurs accessoires rentre tout à fait dans la catégorie des appareils dont les ingénieurs peuvent s'occuper utilement, tant dans l'intérêt des progrès de la science que dans leur propre intérêt.

J'arrive au dernier sujet dont il me reste à vous entretenir. Au premier abord, vous le jugerez sans doute étranger à vos travaux; mais j'espère, tout en réclamant votre indulgence, vous montrer combien, au contraire, il a de points de contact avec ceux qui vous sont le plus familiers. Il s'agit ici d'une œuvre éminemment nationale.

C'est aux savants français, vous le savez, c'est aux sacrifices qu'ils ont provoqués de la part de la nation, que nous devons nos connaissances les plus précises sur la figure de la terre : la première détermination un peu exacte du rayon de la terre supposée sphérique a été obtenue par l'astronome Picard, et le résultat a fourni à Newton la première preuve de la gravitation universelle. De mémorables expéditions exécutées par les savants français, l'une en Laponie, l'autre au Pérou, ont confirmé l'hypothèse

1. MM. Sautter et Lemonnier ont effectué le travail préparatoire pour la taille du grand miroir de 1m20, appartenant à l'Observatoire.

de Newton sur l'aplatissement terrestre, et la quantité de cet aplatissement a été pour la première fois mesurée. C'est encore la FRANCE qui, vers la fin du dernier siècle, en faisant exécuter la mesure de l'arc de méridien compris entre Dunkerque et Perpignan, a fourni aux délégués des différentes puissances étrangères, réunis à Paris, l'unité de mesures linéaires, la base du *système métrique*, dont nous pourrons être fiers d'avoir doté le monde civilisé.

Ces grands travaux ont servi de base à la construction de la nouvelle carte de France, que vous avez tous eu l'occasion d'utiliser dans vos projets de routes, canaux, chemins de fer, etc. L'illustre président de la Commission de la carte de France, Laplace, n'avait pas seulement envisagé l'utilité de l'entreprise sous le rapport des intérêts industriels, économiques ou stratégiques ; il voulait encore que les travaux de la triangulation eussent une précision qui leur permît d'être utilisés pour le perfectionnement de nos connaissances sur la figure de la terre. Au début, les travaux géodésiques furent exécutés par le corps des *ingénieurs-géographes* ; plus tard, ce corps ayant été supprimé, la continuation des travaux géodésiques fut confiée au corps d'état-major. A la mort de son président, la Commission cessa de se réunir ; cette circonstance, et peut-être aussi la transformation du corps des géodésiens, ont eu pour résultat de faire reléguer au second plan la poursuite du but scientifique : on se hâta d'achever la carte. Cependant, des mesures astronomiques de longitude, de latitude et d'azimut, furent effectuées dans le but de contrôler et de corriger les bases fondamentales de l'entreprise.

Le résultat de ce dernier travail fut à peu près négatif, soit que les opérations géodésiques, soit que les observations astronomiques manquassent de la précision nécessaire, soit, enfin, que la figure de la terre ne fût pas exactement celle d'un sphéroïde de révolution, comme on l'avait supposé.

Pendant ce temps, suivant l'impulsion imprimée par la FRANCE, les autres nations ont exécuté chez elles des travaux du même genre, mais sur une échelle généralement plus restreinte. On a, il est vrai, mesuré en Russie, dans l'Inde et en Amérique, de grandes chaînes de triangles ; mais la FRANCE offre encore, à l'heure qu'il est, le plus grand territoire qui soit entièrement couvert de triangles.

Depuis une dizaine d'années, la nécessité d'entreprendre des travaux géodésiques sur une vaste échelle s'est fait sentir en Allemagne : vers la même époque, l'Observatoire de Paris entreprenait, de son côté, une suite de recherches dont je dirai un mot dans quelques instants. L'émulation renaissait entre l'ALLEMAGNE et la FRANCE dans un but commun ; — regrettons en passant qu'à cette émulation ait succédé la plus vive hostilité qui se soit produite dans les temps modernes. — Les Allemands ont provoqué la formation d'une ASSOCIATION GÉODÉSIQUE INTERNATIONALE pour la mesure des degrés en Europe, à laquelle tous les gouvernements du continent européen ont été invités à envoyer des délégués : tous, à l'exception de la FRANCE, ont répondu à cet appel[1].

1. Des lettres pressantes ont été, dès l'origine et depuis, adressées officiellement au Ministre de la guerre, au Dépôt de la guerre et à l'Observatoire ; ces appels sont restés sans réponses. En désespoir de cause, le président de l'Association, le général Bayer, a adressé aux savants français, qu'il savait porter le plus d'intérêt à la géodésie, une invitation à assister aux séances de l'Association, qui devaient avoir lieu en septembre 1870, à Vienne : l'état de guerre a empêché cette réunion d'avoir lieu.

L'Association géodésique internationale s'est occupée de provoquer l'exécution de triangulations et de nivellements dans toutes les régions encore vierges de triangles; elle a fait pareillement exécuter des observations astronomiques; enfin, des séances ont été consacrées, *sans résultat*, à la discussion des méthodes à suivre pour avoir égard aux effets provenant des attractions locales.

Pendant que l'Association géodésique internationale s'occupait de compléter ses triangulations et nivellements, l'Observatoire de Paris exécutait une suite de déterminations astronomiques, aux points de jonction des chaînes méridiennes et des chaînes dites parallèles. Ce travail n'est pas terminé, mais il a suffi pour résoudre deux questions capitales : 1° celle du contrôle des chaînes de triangles; 2° le problème de la détermination de la *vraie* figure de la terre ou de la *surface de niveau*, problème qui n'avait pas même été posé jusque-là.

Ces deux points sont ceux sur lesquels je désire fixer un instant l'attention de la Société, en priant mes confrères d'excuser la longueur d'un préambule, sans lequel l'intérêt qui s'attache au sujet eût pu manquer d'évidence.

L'application de la nouvelle méthode de contrôle à nos chaînes de triangles a montré qu'aucune inexactitude appréciable n'affecte la chaîne comprise entre Paris et Strasbourg, bien que les attractions locales produisent sur la différence de longitude de ses points extrêmes un effet qui s'élève à 8". La même méthode montre, au contraire, que la chaîne comprise entre Paris et Brest et les trois sections de la méridienne de France, comprises entre Paris et Carcassonne, sont affectées d'erreurs inadmissibles. En conséquence, le Dépôt de la guerre avait chargé, l'année dernière, un de ses officiers de la révision de la méridienne de France; mais les événements ont empêché d'exécuter ce travail. Il est probable que d'autres parties de notre réseau géodésique devront également être l'objet de nouvelles mesures.

Le second point se rapporte à la détermination de la *vraie* figure de la terre, ou de la surface de niveau des mers, prolongée idéalement au travers des continents; c'est à cette surface que se rapportent effectivement les nivellements dits *géométriques*, et que la plupart d'entre nous avons pratiqués pour obtenir les profils de routes et canaux. Or, cette surface n'est pas sphérique, elle n'est pas non plus celle d'un ellipsoïde de révolution; elle est, en chaque point, normale à la résultante de la force centrifuge et des attractions produites par les masses irrégulièrement distribuées qui composent la masse totale de la terre. Une telle surface présente donc nécessairement des irrégularités, et l'on ne sait encore rien sur la manière dont ces irrégularités sont liées au voisinage des chaînes de montagnes ou des dépressions qui forment les lacs, au voisinage de la mer, etc. La solution du problème, solution qui tient compte nécessairement des effets des attractions locales, repose sur la comparaison des résultats déduits des observations astronomiques avec ceux de la géodésie, et, en outre, sur celle des nivellements *géodésique* et *géométrique*. Je viens de dire ce que c'est le nivellement *géométrique*; un seul mot fera comprendre la nature de l'autre : dans le nivellement *géodésique*, on prend pour surface de niveau la surface conventionnelle d'un sphéroïde de révolution. Il suit de là que si l'on connaît, pour un même point, les deux cotes de nivellement, l'une géométrique, l'autre géodésique, leur différence fera connaître la quantité et le sens dont la *vraie* surface de niveau s'écarte de la surface conventionnelle, parallèlement à la verticale de ce point, et fournira ainsi un élément de détermination de la *vraie* surface de niveau.

Cet exposé incomplet suffit cependant pour montrer l'intérêt qui s'attache au problème de la *vraie* figure de la terre, tant au point de vue de la science pure qu'à celui des applications à la géologie, par exemple; il fait voir également que de nombreuses opérations restent à exécuter sur le terrain, opérations qui sont tout à fait du ressort de l'ingénieur. On remarquera d'ailleurs que ces travaux se continueront indéfiniment et ouvriront une nouvelle carrière à l'activité humaine, si l'on vient à constater que la *vraie* figure de la terre subit, avec le temps, des modifications sensibles; ce qui est loin d'être improbable. En dehors des observations proprement dites, il convient d'indiquer de nombreuses constructions de signaux, tant en charpente qu'en maçonnerie, les appareils accessoires de nature diverse qui réclament le concours des ingénieurs.

Il est impossible de prévoir actuellement si la réalisation des projets de réforme de nos armées permettra ou non aux officiers du Dépôt de la guerre de garder la géodésie dans leurs attributions; cela même paraît fort douteux. Leur personnel actuel serait d'ailleurs insuffisant, eu égard aux développements que la géodésie devra prendre dans notre pays, si nous ne voulons pas NOUS laisser distancer par l'ASSOCIATION GÉODÉSIQUE INTERNATIONALE. Bien que nous ayons de l'avance du côté de la théorie, il ne faut pas ici que, comme en trop d'autres circonstances, les découvertes françaises acquièrent seulement le droit de cité chez nous, quand elles reviennent de l'étranger, confirmées par les applications qui s'y sont faites.

Les travaux dont il s'agit devront, si le gouvernement français consent à les entreprendre ou plutôt à les continuer, prendre une extension assez considérable : dès lors, il y aurait lieu de songer à la reconstitution du corps des *ingénieurs-géographes;* si l'on y pouvait parvenir, ou ouvrirait à nos jeunes confrères une nouvelle carrière, où les occasions ne leur manqueraient pas de faire de beaux et d'utiles travaux.

Tels sont, MM. et chers confrères, les nouveaux points de vue que j'ai cru devoir soumettre à vos méditations. Je ne terminerai pas sans vous remercier de l'attention que vous avez bien voulu m'accorder et sans vous prier de me pardonner une longueur de développements que je n'ai pu réussir à éviter.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Chabrier sur le service central de la viabilité.

M. Chabrier demande que la Société veuille bien nommer une Commission pour étudier cette question.

M. le Président propose de renvoyer cette question au comité qui l'examinera d'abord et décidera ce que la Société pourra faire.

M. Richard propose sur l'urgence que les membres de la section Travaux publics se mettent immédiatement en relations avec M. Chabrier et préparent un rapport pour la prochaine séance du comité.

Cette proposition est adoptée.

M. Arson demande la parole pour la lecture d'un mémoire, dans lequel il consulte la Société sur la *création d'une Société de secours* dite Société paternelle des Ingénieurs civils.

M. le Président renvoie le mémoire de M. Arson au comité qui statuera s'il y a lieu d'en soumettre l'étude à une Commission spéciale.

Séance du 21 Juillet 1871.

Présidence de M. Eug. Flachat, *Président honoraire.*

Le procès-verbal de la séance du 7 juillet est adopté.

M. le Président annonce le décès de MM. Sommeillier et Amable Cavé, membres de la Société.

M. Sommeillier, dont le nom restera associé au souvenir de l'une des plus grandes œuvres de ce siècle : le percement du mont Cenis, était Français. Protégé par le comte Cavour, il fit adopter l'appareil qu'il avait inventé pour le percement du tunnel, appareil auquel il apporta, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, les perfectionnements qui en ont assuré le succès complet. Il a pu achever son œuvre, mais la mort ne lui a pas permis d'assister à l'inauguration du tunnel.

Il a fallu, du reste, que M. Sommeillier fût un homme d'élite, pour être parvenu, quoique Français, à occuper une haute position dans le corps des ponts et chaussées piémontais, dont on connaît la grande valeur.

M. Amable Cavé, frère du constructeur connu de ce nom, commença, de même que lui, comme simple ouvrier, devint contre-maître, chef d'atelier, puis ingénieur des ateliers de son frère, où s'écoula sa vie tout entière.

M. Thomas (Pierre) donne quelques détails rétrospectifs intéressants sur l'utilisation, pendant le siége, de certains combustibles inusités : *poussiers de coke, huile de goudron, tannée, fumiers imprégnés de goudron*, etc., etc. A propos des hydrocarbures liquides, après avoir passé en revue les divers appareils proposés pour la combustion, il donne, d'après les observations remarquables de M. Flachat, les véritables conditions économiques dans lesquelles pourront être brûlés industriellement ces combustibles, si jamais leur prix s'abaissait assez pour permettre de les utiliser.

M. le Président indique que c'est en constatant les mauvais résultats que donnait à la blanchisserie de Courcelles, dans un foyer ordinaire, l'emploi de l'huile de schiste, qu'il se rappela ce qui se passe dans les foyers métallurgiques où la grande incandescence assure la combustion des gaz, et qu'il fut conduit à faire agrandir la chambre de combustion et garnir les parois de matériaux réfractaires qui permettent d'obtenir et de maintenir cette incandescence. Le succès a été complet.

M. Thomas fait remarquer que c'est en cherchant à préserver les bouilleurs qu'on a été conduit ailleurs à l'emploi des parois réfractaires, et qu'on a ainsi réalisé les meilleures conditions pour l'emploi des huiles de goudron.

M. le Président, à l'occasion de l'emploi du bitume, rappelle les expériences qu'a fait faire la Compagnie des Omnibus pour démontrer l'incombustibilité des planchers recouverts de bitume.

Des tables en bois furent enduites de bitume sur lequel on entassa des matières enflammées : le bitume fondait, les gaz brûlaient, mais la couche de bitume fondu préservait le bois. Ces expériences, d'après le résultat desquels la Compagnie des Omnibus modifia les dispositions de ses magasins et de ses écuries, si souvent, on le sait, la proie d'incendies considérables, montrent que l'asphalte est un combustible qui ne peut être brûlé que s'il est divisé et traversé par l'air.

Un Membre fait observer qu'il faut d'ailleurs distinguer entre l'asphalte d'enduit et le brai.

M. Jordan dit que le brai se vend actuellement en Angleterre de 15 à 18 schellings seulement. Ce bas prix est dû à l'absence de débouchés par suite de l'arrêt, en France, de la fabrication des agglomérés. Il remontera promptement au prix de 40 schellings, car la consommation pour les agglomérés tend à se développer plus rapidement que la production du gaz.

M. E. Chabrier demande la parole pour donner lecture du rapport suivant :

« Notre Président m'avait demandé de vous présenter quelques considérations à l'appui de la proposition que je lui avais adressée, de vous lire en séance un rapport présenté au nom d'une commission chargée d'éclairer l'Assemblée nationale sur l'état des chemins de fer, routes et canaux en France. Ce rapport demandait formellement à la Commission de décentralisation de constituer toute la vicinalité de France en un seul service et de remettre ce service au ministère des travaux publics, dans l'unique intérêt du corps des ponts et chaussées.

« L'auteur de ce rapport, M. Champvallier, a porté en séance publique sa proposition sous forme d'amendement à la loi sur les attributions des conseils généraux; vous savez comment elle a été repoussée.

« L'analyse et la réfutation de ce document ne présentent donc plus d'intérêt; mais la question à laquelle il touchait subsiste entière et je crois qu'elle mérite notre sérieuse attention.

« En effet, s'il y a une question qui, dans celles dites administratives, nous intéresse au plus haut point, c'est bien la question des voies de communication; nous la rencontrons partout, et partout elle laisse considérablement à désirer.

« Je dois déclarer tout d'abord qu'en provoquant une discussion sur la vicinalité, je n'ai eu en vue aucune pensée de compétition, de revendication de travaux qui seraient plus ou moins bien faits, avec plus ou moins d'économie par les ponts et chaussées ou les ingénieurs civils, ou encore par cette catégorie qui se forme, trop en dehors de nous, les agents-voyers. Je me permets de demander à la Société que la discussion s'élève au-dessus de ces mesquines questions de corps attaquant ou défendant des priviléges, et que, pénétrés, comme nous le sommes tous, des immenses besoins de notre malheureux pays, nous traitions cette question au point de vue des grandes réformes dont la nécessité s'impose aujourd'hui.

« Puisque c'est au nom de la décentralisation que nous réclamons des réformes, il est nécessaire de bien définir le sens qu'il convient de donner à ce mot. Pour moi et pour notre Société, je le crois, décentraliser ce n'est pas transporter de tel fonctionnaire à tel autre telle attribution autoritaire; décentralisation veut dire un ensemble de mesures tendant à donner accès à l'initiative privée dans toutes les questions d'intérêt général, permettant que tous les dévouements à la chose publique puissent se produire utilement sans être entravés par les hommes, dits politiques,

qui se sont arrogé jusqu'ici le droit de régir à leur guise les destinées d'un grand peuple.

« Il est parfaitement bien que le conseil général soit chargé de décider toutes les questions qui concernent le département ; mais il n'est pas moins nécessaire que le conseil municipal soit tenu de participer à celles qui ne sortent pas des limites de la commune ; c'est là que les initiatives privées pourront se produire dans les questions d'intérêt public et particulièrement dans cette question de la vicinalité, si intéressante pour tous.

« C'est dans la commune que nous trouverons l'expression vraie de l'état des voies de communication ; c'est la municipalité qui pourra directement apprécier les modifications nécessaires ou celles seulement utiles. Par ses membres elle peut journellement surveiller l'exécution des travaux et contrôler le bon emploi des deniers publics trop souvent gaspillés par les agents qui en étaient chargés.

« Je ne veux pas abuser de vos moments, et je laisserai de côté le rapport de M. Champvallier pour vous exposer, si vous voulez bien le permettre, un sujet d'étude qui me semble digne de toutes nos préoccupations.

« Nous avons tous observé combien, dans une trop grande partie de la France, la population des campagnes vit encore en dehors de cette préoccupation du mieux qui fait le progrès, et combien, malgré les efforts considérables faits pour répandre les nouveaux procédés de culture, le mouvement se propage lentement.

« Nous avons bien souvent songé, avec quelques camarades, aux services qu'aurait pu rendre au pays cette multitude d'agents du gouvernement, envoyés dans les petites villes de province, s'ils avaient été autorisés, sollicités même à s'intéresser aux améliorations des travaux des champs, et parmi eux surtout ces conducteurs et ces piqueurs des ponts et chaussées regardés par les paysans comme des hommes de science.

« Il nous a semblé que l'agent-voyer cantonal, ce modeste fonctionnaire dont le travail consiste surtout à parcourir chaque jour un nombre donné de kilomètres tout comme le facteur rural qu'il pourrait au besoin suppléer, pourrait être l'agent propagateur qui manque dans nos campagnes; on relèverait à ses propres yeux et surtout aux yeux des populations sa trop modeste fonction si on en faisait une profession libre analogue à ce que sont les architectes voyers des villes, qu'on pourrait appeler l'ingénieur rural.

« Si l'Assemblée nationale, continuant son œuvre si bien commencée par la loi d'émancipation du département, parvient, en traitant la question municipale, à exciter les intérêts locaux à se manifester dans les communes rurales, la première disposition qui lui sera demandée sera certainement la réunion de toutes les voies de communication, sans autre distinction que l'importance de leur circulation. comme le justifie si heureusement le rapport de M. de Champvallier; mais, au lieu de centraliser l'entretien de ces voies à Paris, dans le ministère des travaux publics, elle en confiera directement la surveillance aux conseils municipaux dont les membres sont seuls à même de voir chaque jour si les besoins sont satisfaits.

« Il suffira de cette disposition générale, si logique, pour justifier, nécessiter même la création de l'ingénieur rural, de l'agent-voyer libre.

« Établi au canton, entouré, dans le conseil cantonal, de la représentation de chacune des communes intéressées aux bons résultats de son travail, il trouvera toujours là un jury pour juger les difficultés soulevées par deux communes voisines en quelques heures il obtiendra la solution de questions, souvent urgentes, qu'il fau-

actuellement des années pour faire monter et descendre l'échelle hiérarchique de l'administration des travaux publics.

« Au travail peu absorbant du bon entretien des chemins, surtout lorsqu'on aura pour inspecteurs intéressés et autorisés tous les conseillers municipaux, il pourra joindre alors, avec certitude de succès, l'étude de ces questions agricoles dont l'ensemble suffirait pour occuper plusieurs cabinets d'ingénieurs : les analyses de terre, les engrais, le matériel agricole, les constructions rurales si mal comprises, le drainage et les irrigations, les desséchements, les forêts, etc., etc.

« Qu'on ne dise pas que le paysan est routinier, qu'il ne payera pas les services qu'on pourrait lui rendre; il suffira de lui inspirer confiance pour qu'au retour de chaque comice il aille consulter l'ingénieur rural sur ce qu'il aura vu et qu'il lui demande souvent une étude pour en faire l'application sous sa direction.

« L'agent-voyer libre, l'ingénieur rural : voilà la véritable décentralisation vicinale, voilà la réforme que la Société des ingénieurs civils peut et doit appuyer de toute son influence.

« Chargés d'entretenir toutes les voies depuis la route nationale jusqu'au chemin d'exploitation en commun, deux agents de cantons voisins seraient tenus de s'entendre pour toute question sortant des limites de leur territoire. Les difficultés qui pourraient s'élever entre eux seraient portées devant le Conseil général ayant auprès de lui un inspecteur de la vicinalité, fonction libre aussi, pris parmi les ingénieurs habitant au chef-lieu; le ministre serait saisi des difficultés entre deux départements.

« Combien d'ingénieurs capables répugnent aujourd'hui à accepter ces tristes fonctions d'agent voyer cantonal, souvent moins estimées que celles de piqueur des ponts et chaussées! Ils s'empresseront de solliciter le poste d'ingénieur rural avec les mêmes modestes appointements de l'agent-voyer cantonal, lorsque, relevés de cette réglementation dissolvante, ils resteront maîtres de leurs personnes, à la seule condition de donner satisfaction aux besoins locaux dans la limite des ressources mises à la disposition des conseils municipaux. Quelles belles études ils seraient portés à faire de ces grandes questions agricoles, si abandonnées des ingénieurs officiels! Quel développement inattendu de la production du pays!

« Il ne faut pas oublier que les ingénieurs civils n'ont pas encore abordé la plus belle, la plus grande, la plus féconde des industries, celle qui ne s'étudie pas dans les villes, l'exploitation de la terre et de ses produits.

« La création de l'ingénieur rural, de l'agent-voyer libre, chargé de l'entretien de tous les chemins d'un canton, commencerait une ère nouvelle du service des communications et y apporterait des modifications au moins aussi heureuses que la loi de 1836. Elle offrirait en même temps aux habitants de la campagne ce guide, cet interprète des améliorations de toute nature que les autorités ne manquent jamais d'énoncer pompeusement dans les discours officiels, au grand ébahissement du paysan qui reste incrédule faute d'avoir quelqu'un avec qui les discuter ou même par qui se les faire expliquer. Je demande donc à notre bureau de porter cette intéressante question, le plus souvent possible, au programme des délibérations de la Société, et je fais appel à tous nos collègues habitant les départements, plus près par conséquent des besoins à satisfaire, pour qu'ils alimentent ces discussions par des communications écrites, lorsqu'il ne leur sera pas possible d'assister à nos séances.

« Beaucoup de nos collègues sont d'avis que la Société des ingénieurs civils doit prendre une part importante dans l'étude des réformes administratives et des ques-

tions sociales qui sont vivement réclamées; quelle question mérite plus cette participation que celle de la vicinalité.»

M. Thomas (Pierre) dit qu'il a été agent-voyer en chef d'un département; il reconnait tout l'intérêt que présente la création proposée et l'idée heureuse de l'ingénieur rural, il est convaincu des immenses services que pourrait rendre un ingénieur dans cette position; mais il est inquiet, pour le bon résultat des travaux, du manque d'unité dans la conception et l'exécution des projets qu'entraînerait l'indépendance trop grande de l'ingénieur rural. Il signale la nécessité d'une direction d'ensemble à donner aux études de voiries d'un même département. L'exécution des chemins vicinaux est loin d'être terminée, il en reste beaucoup à faire dans certains départements et trop d'indépendance de l'ingénieur rural amènerait certainement des difficultés; mais, suivant lui, la fonction d'agent-voyer libre n'est nullement incompatible avec le besoin d'unité, et rien n'empêcherait que le bureau vicinal à la préfecture fût constitué de manière à lui donner une valeur suffisante pour coordonner les projets des ingénieurs ruraux qui pourraient toujours être soumis à la commission départementale.

M. Sévérac fait observer qu'il ne faut pas abuser de la décentralisation, qu'il trouverait dangereux d'accorder une influence trop grande aux conseils municipaux dans les questions de chemins; l'ingénieur rural ne saurait plus auquel répondre, chacun voudra que le chemin projeté lui soit le plus favorable possible.

M. Molinos craint que l'état actuel de l'instruction dans les campagnes ne permette pas d'attribuer aux conseils municipaux l'importance que comporterait l'organisation proposée. Il croit que c'est au conseil cantonal que devrait revenir cette surveillance du chemin vicinal. Le plus grand nombre des communes rurales des départements un peu éloignés de la capitale n'est pas à même de fournir un personnel de conseillers capables d'apprécier les travaux à faire.

M. Chabrier ne voudrait pas voir admettre, aussi facilement qu'on le fait, l'incapacité intellectuelle des représentants des communes rurales; nous savons tous comment les paysans savent défendre leurs intérêts, et il n'est pas douteux que lorsqu'ils comprendront bien la relation directe qu'il y a entre ces intérêts et ceux de la commune, ils régiront ces derniers aussi bien que les leurs propres, et surtout dans cette question des chemins, où il suffit de dire si une route est bonne ou mauvaise, si les matériaux et la main-d'œuvre sont payés trop cher; ils pourront rendre là de grands services.

Très-partisan de l'émancipation des communes parce qu'elle crée la responsabilité locale et que seule la responsabilité fait naître l'initiative, il croit que les conseillers municipaux des communes rurales ne pourront s'instruire que lorsqu'on leur procurera les moyens d'apprendre; il persiste à croire qu'il serait très-utile de donner aux conseillers municipaux la surveillance du bon entretien des routes; mais il croit aussi que, pour le moment, peu de communes seraient en état d'avoir un ingénieur rural. Il propose de l'établir au canton, sans perdre l'espoir que les communes ou plutôt leurs habitants apprécieront assez les services que leur rendront les ingénieurs, pour que des positions nouvelles se créent au village même.

M. Vuillemin croit devoir informer la réunion qu'il a eu occasion d'entretenir plusieurs députés de la discussion qu'allait probablement provoquer le rapport de M. Champvallier, et qu'il a reçu les marques les plus flatteuses d'un grand intérêt attaché aux opinions qui seraient émises à ce sujet par une Société qui compte dans son sein tous les hommes qui ont fait la France industrielle. Il s'est engagé à tenir

ces messieurs au courant des études qui se produiraient, et il espère que la discussion un peu impromptu de cette séance sera prochainement suivie de communications plus étudiées sur ce même sujet.

M. Vuillemin insiste, pour que la proposition de M. Chabrier soit prise en très-sérieuse considération, il voudrait même que cette question fût traitée pendant quelques moments à toutes les séances; l'appel fait à nos collègues des départements en fournira sans doute l'occasion.

M. le Président fait observer que la décision de l'Assemblée nationale a donné de l'opportunité à la proposition de M. Chabrier, puisque les conseils généraux seront libres, à l'avenir, de choisir où ils voudront les fonctionnaires de leur voirie.

M. le Président fait appel aux membres de la Société que cette question intéresse et spécialement aux membres qui habitent la province, pour qu'ils veuillent bien donner leur concours à une proposition qui offre au génie civil de grands développements et peut apporter à l'agriculture un progrès considérable. C'est par eux que l'aide la plus efficace peut venir seconder les efforts que nous ferons de notre côté.

Il importe de saisir la presse des départements de ce grand intérêt, d'aider à sa publicité par des renseignements exacts, susceptibles d'éclairer et d'instruire les propriétaires agricoles.

Il y a déjà des ingénieurs attachés au service des villes, dans les conditions qu'indique M. Chabrier, c'est-à-dire avec leur indépendance et le droit de se livrer à d'autres travaux; eux surtout peuvent donner à cette question une vive impulsion.

M. de Dion donne ensuite communication à la Société d'une note sur le calcul des murs de soutènement. Il insiste principalement sur les deux points suivants :

1° Le moyen de déterminer la poussée maximum des terres par une construction graphique.

Si on décompose le poids d'un prisme de terre, supposé le prisme de plus grande poussée, en deux composantes opposées aux réactions du mur et du plan de glissement, on obtient un triangle formé par les lignes représentant le poids des terres et la résultante de la réaction du plan de glissement et par une ligne reliant les extrémités des deux précédentes et représentant l'intensité de la poussée du mur.

Or, il résulte de la construction graphique, que cette dernière ligne peut être considérée comme l'ordonnée d'une courbe, qu'il est facile de construire par points en faisant l'épure pour un certain nombre de prismes. L'ordonnée maximum correspond au prisme de la plus grande poussée.

La courbe indique l'influence du plan de glissement choisi sur la poussée correspondante; elle montre que l'intensité de la poussée varie peu pour des prismes différant cependant notablement de celui de la poussée maximum.

M. de Dion pense que ce tracé remplace avantageusement la construction géométrique indiquée par M. Poncelet et les calculs algébriques, parce qu'au lieu de donner une solution isolée, il indique des résultats dont on voit le rapport avec les données du problème.

2° Le coefficient de stabilité du mur est généralement appliqué, soit à l'épaisseur du mur, soit au moment du renversement; l'on augmente l'un ou l'autre d'une certaine quantité en les multipliant par le coefficient.

Ces coefficients ne donnent pas une idée nette de la stabilité obtenue, aussi est-il préférable d'introduire dans le calcul un coefficient qui s'applique directement à l'élément le plus incertain du problème, c'est-à-dire à l'angle de glissement des terres.

L'ingénieur, en effet, peut prévoir les éventualités qui se produiront et les évaluer en supposant que le glissement pourra avoir lieu sous un angle moindre que celui du talus naturel. En introduisant cet angle dans le tracé de l'épure, il déterminera les dimensions d'équilibre pour l'hypothèse extrême qu'il aura faite, et il assurera la stabilité dans les limites que la prudence lui aura imposées.

M. le Président pense que la méthode de recherche de l'épaisseur des murs de soutènement, de M. de Dion, étant basée sur des considérations géométriques, constitue un progrès, mais elle laisse la question dans l'état avec toutes les incertitudes de la pratique quant à la valeur de l'angle de glissement des terres.

Il y a, en outre, des éléments qui influent sur cette détermination et qui ne peuvent entrer dans le cadre des formules; la nature des parements par exemple. Au delà d'une inclinaison du 1/10 les joints ne tiennent pas; avec le moellon, il faut une paroi verticale; avec la meulière, l'inclinaison du 1/10 ne peut pas être dépassée.

M. de Dion insiste sur l'importance qu'il trouve à chercher l'élément de stabilité dans l'appréciation de la nature des terres et à affecter du coefficient pratique, non l'épaisseur du mur trouvée par le calcul, mais l'angle de glissement des terres dans l'évaluation duquel l'ingénieur peut faire intervenir les circonstances locales, le mode d'écoulement des eaux, etc.

M. le Président dit que la question est intéressante et que la discussion pourra être reprise dans une prochaine séance.

MM. Chapman, Coupan, Larrue et Mombro ont été reçus membres sociétaires, et M. Duperray membre associé.

Séance du 4 Août 1871.

Présidence de M. E. Flachat, *Président honoraire.*

Le procès-verbal de la séance du 21 juillet est adopté.

M. le Président annonce que MM. Delannay et Trélat (Émile) viennent d'être nommés officiers de la Légion d'honneur, et MM. Degousée et Jules Flachat, chevaliers.

Il est donné lecture de la lettre suivante adressée par M. Bassompierre, ingénieur en chef des ponts et chaussées :

« M. le Secrétaire,

« J'ai reçu et j'ai lu, avec un vif intérêt, le procès-verbal de la séance de la Société des ingénieurs civils, du 7 juillet 1871, que, grâce à votre obligeante exactitude, vous voulez bien m'adresser régulièrement avec l'autorisation de M. le Président de la Société.

« Dans cette séance, la Société a entendu les remarquables discours de MM. Vuillemin, Président sortant, et Yvon Villarceau, Président pour l'année 1870-71; et c'est après avoir apprécié les nombreux et remarquables enseignements qui abondent dans ces discours que je tiens à exprimer combien je suis satisfait d'en avoir eu connaissance.

« Il ne m'appartient pas de louer tout ce qu'il y a de tact, de convenances de toute sorte, répandus dans les paroles de MM. Vuillemin et Yvon Villarceau, tant à l'égard des membres de la Société retirés par la mort à la carrière si entraînante de l'ingénieur à notre époque, qu'à l'égard des membres actuels dont ils savent si intelligemment animer le concours et développer l'émulation sur tous les points de leurs attributions. J'ai été frappé surtout de l'activité que l'instruction scientifique prenait dans le corps des ingénieurs civils, et je souhaite vivement que, dans cette classe nombreuse d'hommes pensants, instruits et si bien disposés à servir le pays, que composent les ingénieurs de toute origine, on ne trouve qu'un concours unique dont les effets pourront être immenses si l'on sait concilier les efforts et les travaux de tant d'intelligences.

« Je vous prie de faire agréer à M. le Président l'expression de mes remercîments de l'admission qu'il m'accorde gracieusement aux séances de la Société, et je vous renouvelle, Monsieur, l'assurance de mes sentiments très-distingués. »

M. Anson présente à la Société le résultat des études qu'il a faites sur les causes de déviation du compas de marine à bord des constructions en fer; il décrit l'appareil qu'il a imaginé pour en faire la correction complète et pour rendre ainsi à la boussole le mérite qui appartient à ses indications quand elle est dégagée de toute influence perturbatrice.

Il commence par rappeler devant la Société l'état général de la question, peu connue de tous parce qu'elle est tout spécialement du domaine des ingénieurs de la marine.

Le compas de marine, soumis comme il l'est, à bord des constructions en fer, à des forces déviatrices complexes, n'indique plus au navigateur le nord magnétique; il est constamment tenu dans une attitude qui en diffère assez pour rendre son utilisation dépendante d'une correction souvent considérable et dont les lois sont complexes. Ces corrections sont nécessaires sur tous les navires et prennent quelquefois une importance telle, que certains d'entre eux seraient inutilisables sans le secours d'une compensation convenable. Il existe, en effet, des exemples nombreux de constructions dans lesquelles l'aiguille étant dirigée par les influences magnétiques qu'elles exercent avec plus de puissance que par celles qu'exerce la terre, le compas est absolument impuissant à fournir une indication utile au navigateur et perd tous ses droits à la confiance.

Le tableau suivant, extrait d'une notice sur les erreurs des compas, publiée par M. Darondeau, ingénieur hydrographe de la marine française, montre à la fois l'étendue de la gravité de la question.

Déviations maxima observées à bord de navires en fer.

NAVIRES EN FER.	DÉVIATIONS.	NAVIRES EN FER.	DÉVIATIONS.
L'*Éridan*.	58° 13′	Le *Faon*.	21° 45′
Le *Narval*.	14 34	Le *Dauphin*.	29 00
L'*Australie*.	52 00	Le *Caton*.	31 00
Le *Passe-Partout*.	15 6	La *Salamandre*.	28 00
Le *Chaptal*.	40 30	L'*Éclaireur*.	18 00
Le *Solon*.	57 30	Le *Pétrel*.	34 15
L'*Anacréon*.	21 30	L'*Averne*.	19 30
Le *Comte d'Eu*.	18 00	L'*Australie*.	43 15
La *Reine-Hortense*. . . .	34 00	Le *Newton*.	24 00

Beaucoup de savants ont étudié cette question si intéressante au point de vue de la sécurité de la navigation. L'illustre Poncelet est le premier qui ait soumis les phénomènes en jeu aux lois de l'analyse mathématique; après lui, M. Airy, l'un des savants les plus hauts placés de l'Angleterre, puis M. Archibald Smith et le compas entier de l'amirauté ont traité la question, et, à défaut de moyen matériel de produire la compensation parfaite des causes perturbatrices qui agissent sur le compas se sont bornés à déterminer des règles à l'aide desquelles on peut déduire la déviation que doit éprouver un compas dans une orientation quelconque au moyen de la connaissance exacte, relevée sur le fait, de huit déviations connues dans certaines orientations déterminées.

On comprend quelle difficulté une méthode semblable présente dans l'application; elle est telle que les hommes de la marine marchande, même en Angleterre, n'en font aucun usage, et qu'ils en sont réduits, à l'heure présente, à l'emploi d'un compas dont les indications inexactes les exposent à des dangers sérieux.

Cette peinture de la situation faite à la marine, à défaut d'une boussole exacte dans ses indications, n'est pas exagérée; car il ne se passe pas d'année que l'on n'ait à enregistrer des sinistres qui n'ont pas d'autre cause, et M. Arson cite, à l'appui de ce dire, deux accidents dont les causes ne laissent à ses yeux aucun doute. C'est d'abord la perte du *Glenarchy*, arrivée en décembre 1868, vaisseau en fer chargé de 1 200 tonnes de fer laminé, sorti de la Clyde et échoué dans la baie de Dublin, sur l'inexactitude des indications de son compas. C'est ensuite celle du transport à vapeur *la Sèvre* qui s'est perdu le 20 février dernier, en doublant le cap de la Hogue, occasionnant la mort de cinquante-cinq personnes parmi lesquelles il faut compter le capitaine et le pilote. Ces malheurs n'ont eu bien certainement pour cause que l'imperfection des indications données, à bord de ces navires en fer, par leurs compas.

M. Arson annonce à la Société qu'il est parvenu à construire un appareil correcteur qu'il appelle *Compensateur* et qui remplit le rôle important de soustraire le compas à toutes les influences perturbatrices qui l'entourent à bord, de façon que les indications, en quelque latitude qu'on les considère, sont absolument exactes.

Ce résultat est obtenu au moyen de deux compensations distinctes qui doivent toutes deux la variabilité de leur action au déplacement des organes qui sont chargés de les produire. L'une est spéciale au magnétisme permanent, autrement dit à l'aimantation fixe imprimée aux œuvres du navire par les opérations mécaniques de la construction; l'autre est particulière au magnétisme induit, autrement dit à cette

aimantation instantanée qui est développée dans le fer par l'action inductrice de la terre. M. Arson expose les lois mathématiques suivies par ces causes déviatrices, et fait voir par quelles dispositions mécaniques le compensateur en établit la correction dans toutes les orientations et dans toutes les latitudes.

Il insiste sur ce point très-important du mérite de son appareil, à savoir qu'il assure la correction des forces perturbatrices, non-seulement dans toutes les orientations, mais aussi dans toutes les latitudes. Il fonde cette affirmation sur les considérations suivantes : puisque l'aiguille est supposée toujours maintenue dans la direction du nord-sud magnétique, la variation dans l'intensité magnétique de la terre, résultant du changement de latitude, ne saurait produire de perturbation, et la variation que cette influence exerce par induction sur le fer du navire, agissant dans le même sens et avec la même intensité sur le fer du compensateur, l'équilibre qui est établi entre ces deux actions, en un point quelconque du globe, subsistera partout.

L'appareil qui produit cette compensation est renfermé dans une enveloppe dont les dimensions dépassent peu celle des appareils consacrés; il peut être installé en un point quelconque du plan milieu du navire. Passant aux détails de la construction de l'appareil, M. Arson fait remarquer qu'il compose les organes compensateurs de faisceaux de fils d'acier trempé aimanté, et de faisceaux de fil de fer doux, permettant de proportionner exactement l'intensité des forces à exercer.

Il fait aussi connaître comment il est parvenu à construire des aiguilles de compas qui répondent toutes à la condition d'éprouver les mêmes déviations sous les mêmes influences déviatrices, et qui peuvent par conséquent se remplacer l'une l'autre dans l'usage, bénéfice qui n'appartient pas, on le sait, à deux aiguilles quelconques.

Ce résultat est important, non-seulement parce qu'il permet de munir chaque instrument d'aiguilles de rechange, mais parce qu'il fournit aussi le moyen de construire tous les appareils compensateurs sur un même modèle.

M. Arson termine son exposé en faisant connaître les conditions à observer pour faire usage de l'appareil ; elles se résument ainsi :

1° Si le compas doit indiquer la marche à suivre, on amènera le cadran du répétiteur dans cette direction, puis on gouvernera le navire jusqu'à ce que le compas fournisse la même indication que le répétiteur.

2° Si le compas doit faire connaître la route suivie, on amènera le cadran du répétiteur dans la même orientation que la rose du compas; ce dernier se déplacera aussitôt par l'influence du compensateur, et on le suivra dans son mouvement de déplacement jusqu'à ce que le répétiteur et le compas n'indiquent plus tous deux qu'une seule et même direction : ce sera celle de la marche suivie par le navire.

Il résume le rôle de son appareil ainsi : le compas fournira des indications exactes dans toutes les orientations et dans toutes les latitudes, à la seule condition que le cadran du répétiteur soit orienté comme la rose du compas.

M. le Président remercie M. Arson de son importante communication sur laquelle une utile discussion pourra être ouverte lorsqu'elle aura été publiée in extenso.

M. le Président, au nom du bureau, propose à la Société de nommer une Commission à laquelle serait renvoyée la communication de M. Chabrier, relative aux attributions des agents-voyers, ainsi que les notes que la Société pourra recevoir sur le même sujet.

Cette proposition est adoptée.

La Commission est ainsi composée :

M. Molinos, Président; MM. De Dion, Pierre Thomas, Cauvet, Malo (Léon) et Chabrier.

M. Malo adresse une note intitulée *l'Ingénieur rural;* cette note est renvoyée à la Commission.

MM. Denis, Delaporte et Valdelièvre ont été reçus Membres sociétaires.

Séance du 18 Août 1871.

Présidence de M. Émile Muller, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 4 août est adopté.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Lefrançois :

« Monsieur le Président,

« Le nivellement de la France existe presque sur tous les points, puisque l'on possède les nivellements des routes, des grands cours d'eau et des chemins vicinaux de toute nature : il n'y a donc plus qu'à coordonner ces nivellements en les rattachant aux repères qui ont été placés par M. Bourdaloue, il y a quelques années. De cette manière on possédera, pour notre pays, une enveloppe qui donnera, sans doute, les éléments du travail que vous projetez pour savoir s'il existe des différences entre la forme théorique et la forme réelle.

« Il y a bien des années déjà, j'avais conçu le projet de m'adresser à un employé supérieur du service vicinal, au ministère de l'intérieur, pour demander que les agents-voyers fussent chargés d'établir ce travail; mais je n'ai pas cru posséder assez de puissance pour être écouté fructueusement, et j'ai abandonné ma pensée parce qu'elle ne contenait qu'un projet de curiosité et de peu d'utilité en la limitant à l'étude d'un avant-projet de chemin. Mais aujourd'hui que vous soulevez une haute question de science, je pense devoir rappeler les idées que j'avais formées alors pour vous les soumettre, afin que vous en poursuiviez la réalisation si vous les partagez.

« Les nivellements des routes et des cours d'eau, qui composent le service des ponts et chaussées, et les nivellements des chemins, qui entrent dans le service des agents-voyers, sont des travaux perdus pour la science puisqu'ils sont rapportés à des plans de niveau arbitraires. — Mais dès l'instant qu'on les reliera au nivellement Bourdaloue, qui prend pour plan de comparaison le niveau moyen de la mer, on connaîtra la situation de chacun des points nivelés au-dessus de ce niveau, et l'on aura en possession un nivellement unique des routes, des chemins et des cours d'eau de la France. — Ce premier travail étant une fois établi, il restera peu à faire pour

obtenir les points culminants et le fond des vallées laissées en dehors des mailles de ce réseau.

« Pour arriver au but qu'on se propose, il suffirait, je crois, d'une circulaire émanant de MM. les Ministres des travaux publics et de l'intérieur, prescrivant aux agents placés sous leurs ordres de rattacher les nivellements en long des routes, rivières, chemins, aux points de repère placés par M. Bourdaloue et de faire une nouvelle coordination de ces nivellements.

« Il serait de toute nécessité qu'on rattachât aux repères Bourdaloue les points de départ et d'arrivée de toutes les routes, ainsi que les seuils des radiers de tous les ouvrages d'art qui se trouvent sur les cours d'eau traversés par les routes. — On devrait pareillement y rattacher la source des cours d'eau. Quant aux points où ces cours d'eau se perdent dans des eaux plus volumineuses, ils se trouveront naturellement donnés par le service hydraulique, puisque ce service produirait également ses nivellements.

« De plus, on devrait donner la cote du seuil de l'église de chaque commune, et, s'il existait des cours d'eau souterrains, comme celui qui se trouve à Bazoche, dans le canton d'Outarville, arrondissement de Pithiviers (Loiret), on devrait faire connaître la profondeur où passe cette eau, afin qu'on pût l'utiliser pour l'alimentation des villes. (Ces eaux souterraines, qui prennent naissance dans la forêt d'Orléans et qui coulent vers Paris, pourraient servir à la ville d'Étampes, ou être amenées à Paris.)

« Tous ces nivellements étant coordonnés, il ne s'agirait plus que de les inscrire sur des cartes exactement dressées, cartes qui existent elles-mêmes et dont il n'y a plus, dans un grand nombre de localités, qu'à prendre des calques. — Elles se trouvent dans presque tous les chefs-lieux de canton, sous le nom de cartes cantonales; elles sont la réduction des plans du cadastre. — Là où elles n'existeraient pas, on serait obligé de les composer avec les plans d'ensemble de chaque commune. — Ce travail serait considérable, assurément, s'il n'y avait pas d'agents voyers au chef-lieu de chaque canton et s'il devait être fait au chef-lieu de l'arrondissement; mais étant réparti comme il l'est entre un grand nombre d'employés cantonaux, il n'a rien qui doive effrayer.

« Voici maintenant comment on devrait procéder :

« L'ordre de coordonner tous les nivellements étant reçu par l'agent voyer d'arrondissement, celui-ci procéderait lui-même au relevé des points de repère du commencement et de la fin de chaque profil en long, et de tous les repères qui sont dans son arrondissement.

« Pendant ce temps-là, les agents voyers cantonaux dresseraient les cartes cantonales destinées à recevoir les cotes de hauteur de tous les points nivelés, — et tous les nivellements de détail étant terminés, les agents voyers d'arrondissement établiraient les nouvelles coordonnées par rapport au repère du point de départ.

« Lorsque toutes les cartes cantonales de l'arrondissement seraient revêtues des cotes principales (cotes qui devraient être : celle du repère au point de départ, celle de l'origine de la route, celles qui appartiennent aux sommet des rampes et au plus bas des pentes entre les points extrêmes ; celles des radiers des travaux d'art, des traverses des villes, villages, seuils d'églises, celle du point de terminaison de la route et celle du repère le plus à proximité de ce point, sans oublier, non plus, celles qui appartiendraient à une route traversée), ces cartes seraient adressées à l'agent voyer en chef, lequel en ferait la remise au préfet, pour que celui-ci poursuivît

l'achèvement du travail auprès des ingénieurs des ponts et chaussées, des mines, du service hydraulique et des Compagnies de chemins de fer.

« De cette façon, chaque département posséderait un atlas coté et nivelé de tout le terrain qui compose sa superficie. — Et puis, avec le temps, les ministères finiraient aussi par avoir des atlas pour toute la France et les savants pourraient y puiser tous les documents à leur usage. — Car, s'il faut décentraliser certaines choses, il en existe d'autres qu'il est de toute nécessité de centraliser.

« Pour compléter ce travail, on devrait joindre à l'appui de chaque carte un *itinéraire kilométrique* reproduisant les cotes des repères et celles du nivellement au long, avec les distances qui séparent ces cotes. — Dans la colonne d'observations on aurait soin d'indiquer le nom des localités traversées, celui des cours d'eau, à donner des notes sur les matériaux de construction qui se trouvent dans la localité et si la localité n'en fournissait pas, on indiquerait l'endroit qui procure ceux dont elle a besoin, puis on donnerait des notes sur la nature des terrains traversés.

« De pareils cahiers seraient des documents précieux s'ils étaient dressés avec soin.

« Voilà, M. le Président, les idées que je crois devoir vous communiquer et qui sont la conséquence du discours que vous avez prononcé en prenant possession de la direction de la Société des Ingénieurs civils, pour l'année 1871. »

M. Yvon Villarceau remercie M. Lefrançois pour son intéressante communication, et demande à présenter une remarque sur l'un des objets de cette communication.

Il n'examinera pas l'utilité des mesures proposées par M. Lefrançois, au point de vue des avantages que les services publics et l'art de l'ingénieur en pourront retirer; d'autres membres plus compétents se chargeront sans doute de ce soin. Il se bornera à indiquer certaines conditions indispensables pour que les nivellements géométriques puissent être utilisés dans le problème de la vraie figure de la terre ou des *surfaces de niveau*.

M. Yvon Villarceau rappelle la définition des nivellements *géodésique* et *géométrique*. Il déclare qu'on les a confondus, lorsqu'en invoquant les différences de plusieurs mètres qui existent entre les cotes d'altitude d'un même point, prises, l'une dans la carte de France, l'autre dans les nivellements effectués suivant la méthode Bourdaloue, on a déclaré que les nivellements de la carte de France sont défectueux. Une telle conclusion est erronée, attendu que les deux espèces de cotes ne se rapportent pas à une même surface de comparaison. Les nivellements géométriques, à cause de la faible portée des coups de niveau et de l'influence des réfractions, sont incontestablement plus précis que les nivellements géodésiques; et ces derniers auraient toute la précision qu'ils peuvent comporter, si l'on réduisait, comme M. Yvon Villarceau l'a indiqué [1], les distances zénithales observées, aux distances angulaires du signal à la normale au sphéroïde de révolution qui sert de surface de comparaison dans les nivellements géodésiques.

Les distances qui séparent la surface du sphéroïde de révolution et la surface de niveau ont été discutées par un célèbre astronome anglais. Cet astronome estime qu'elles ne dépassent guère un petit nombre de pouces; au contraire, un ingénieur des

1. Voir le nouveau Théorème sur les attractions locales (séance du 28 décembre 1868 de l'Académie des sciences).

structions navales, M. de Benazet a trouvé qu'au Callao, et, par suite de l'attraction exercée par le continent de l'Amérique du Sud, la surface de la mer présente une *dénivellation* (c'est l'expression de M. de Benazet) qui croît, à partir du rivage, de 0 à 145 mètres. M. Yvon Villarceau ne peut garantir le chiffre de M. de Benazet ; mais, d'après certains documents incomplets sur la géodésie des régions caucasiennes, il ne s'étonnerait pas que l'on trouvât, pour ces régions, des variations de quelques dizaines de mètres et au delà, entre les deux espèces de cotes de nivellement. M. Yvon Villarceau présente ces évaluations, moins pour constater des nouveaux faits, que pour attirer l'attention des ingénieurs sur leur importance et éviter que les confusions signalées ne viennent à se reproduire.

M. Yvon Villarceau est heureux d'avoir l'occasion de reconnaître publiquement l'importance de l'initiative prise par M. Bourdaloue dans la question des nivellements ; il s'étonnerait que la France ait attendu jusqu'au milieu de ce siècle l'inauguration d'une bonne méthode de nivellement, s'il n'avait eu plus d'une occasion de constater la malheureuse indifférence de chefs, bien plus instruits que ne l'était Bourdaloue, pour des travaux qu'ils jugeaient sans doute peu dignes de leurs préoccupations.

Voici les faits qui ont appelé l'attention de M. Yvon Villarceau sur certaines conditions à remplir dans les nivellements, pour que ces opérations puissent concourir à la détermination de la vraie figure de la terre ou de la surface de niveau :

Conformément aux décisions prises par l'*Association géodésique internationale*, MM. Hirsch et Plantamour ont fait exécuter, en Suisse, un grand nombre de nivellements géométriques. Leurs lignes de nivellement présentent un nombre suffisant de points communs, pour permettre le contrôle de l'ensemble de l'opération. Des études très-sérieuses ont été faites, tant avant qu'après l'opération, sur les appareils employés ; l'établissement des repères a été l'objet de précautions particulières. Lorsque la discordance des cotes d'un même point commun à plusieurs lignes de nivellement a excédé la limite de tolérance posée *à priori* pour chaque point, les opérations ont été recommencées : finalement, l'ensemble du travail a été exécuté conformément au programme adopté. Le nivellement obtenu est considéré par ses auteurs comme offrant le degré d'exactitude voulu (les discordances subsistantes s'élèvent à un très-petit nombre de centimètres).

Or, l'opération exécutée en Suisse ne suffisait pas pour fournir les cotes de nivellement rapportées au niveau de la mer ; MM. Hirsch et Plantamour ont dès lors songé à nous emprunter les cotes de nivellement de points situés aux confins des deux territoires limitrophes. Trois ou quatre repères appartenant à notre réseau ont fourni des cotes qui, étant combinées avec les opérations de la Suisse, ont permis d'obtenir autant de cotes distinctes d'un repère fondamental dans le nivellement de cette contrée, et qui porte le nom de *Pierre du Niton* (lac de Genève). Malheureusement, il est arrivé que les cotes ainsi obtenues ne s'accordent pas ; elles présentent des différences qui montent à 60 ou 65 centimètres.

D'après ce qui a été dit plus haut, MM. Plantamour et Hirsch n'avaient pas à rechercher, dans leurs propres opérations, la cause de ces erreurs considérables : en supposant les nôtres irréprochables, ils se sont demandé si la longueur du mètre prise sur les mires suisses et françaises ne présenterait pas quelque différence appréciable. Dans l'impossibilité d'effectuer la comparaison directe des mires, ils se sont enquis du mode d'étalonnage des nôtres, et ils ont appris que les mires françaises sont fabriquées au moyen d'une sorte de matrice en fonte, munie de saillies à l'aide

desquelles les traits s'impriment sur la tige des mires; en sorte que toutes les mires ainsi fabriquées semblent devoir être considérées comme identiques au point de vue des divisions. Il n'en est cependant ainsi qu'autant que ces mires ont été fabriquées à la même température. En effet, l'inégalité de température produit, sur la valeur de cotes de nivellements s'élevant à 3000 ou 3500 mètres, une différence égale à la dilatation d'une tige de fonte qui aurait 3000 ou 3500 mètres de longueur, pour une différence de température égale à celle qui avait lieu lors de l'application de la matrice en fonte sur les tiges des mires. Il était donc nécessaire de connaître la température au moment de l'étalonnage des mires et la longueur du mètre, prise sur la matrice, à cette même température.

MM. Hirsch et Plantamour ont demandé à l'Administration, chargée de nos nivellements, des renseignements sur ce sujet. Il paraîtrait qu'on n'avait pas pris les notes nécessaires; en sorte que la difficulté n'a point été résolue.

L'exemple cité par M. Yvon Villarceau montre combien il est nécessaire que l'unité s'établisse dans certains services administratifs. L'expérience avait cependant fait voir combien ce défaut d'unité a été nuisible à la géodésie française : il faudra, par exemple, reprendre la mesure de la moitié de nos bases géodésiques, parce que l'on a perdu les traces des comparaisons exécutées au départ et au retour, entre les règles employées et le module resté à Paris.

Pour que de pareils échecs ne se renouvellent pas, et que les travaux de nivellement qu'on propose d'exécuter ne soient pas perdus pour la science, il est de toute nécessité que les intéressés provoquent la concentration de tout ce qui concerne la direction générale de ces travaux en une seule main, sous la garantie d'une responsabilité sérieuse.

La parole est donnée à M. Leygue pour présenter ses observations sur la communication de M. de Dion relative au calcul des murs de soutènement.

M. Leygue rappelle que M. de Dion, dans sa communication, a insisté tout particulièrement sur deux points :

1° La détermination graphique de la poussée maxima (R);

2° L'obtention de la stabilité par l'application d'un coefficient à l'angle (φ) du talus naturel des terres.

M. Leygue pense que la construction géométrique de M. de Dion ne saurait être comparée à celle de M. Poncelet; car, toutes choses égales d'ailleurs, un tracé par courbe est toujours moins simple et moins exact qu'un tracé ne comportant que des droites. La seule raison, qui puisse justifier une épure plus compliquée que l'épure généralement admise, serait d'offrir aux yeux l'ensemble des valeurs R, pour tous les angles φ réalisables, de zéro à 90°. Or, dans son nouveau tracé, M. de Dion n'étudie les variations de R que pour une valeur particulière de φ.

Quant au coefficient de stabilité, M. Leygue pense avec M. de Dion, que ce coefficient, tel qu'il est généralement formulé, ne doit pas exister; car il répondrait à des considérations étrangères à la résistance des matériaux, où les coefficients assurent seulement la stabilité des ouvrages par la limite du travail moléculaire. Ce qui se passe à l'intérieur d'un mur de soutènement est tout à fait comparable à ce qui se passe à l'intérieur d'une voûte ; chaque joint reçoit et transmet un ensemble de pressions élémentaires, dont la résultante est liée aux travaux-limites des matériaux, par les relations de Coulomb. Or, on n'a jamais cherché à établir un coefficient de stabilité pour les voûtes : 2, 3, 4..., par exemple.

Il est vrai que, dans ces derniers temps, M. Durand-Claye a introduit dans le calcul des voûtes, par la considération des aires finales communes à toutes les aires résidus, un élément qui, par la comparaison des ouvrages construits, pourrait fournir des renseignements très-utiles sur la stabilité des ouvrages nouveaux. Mais là n'apparait pas la création d'un coefficient, c'est simplement une latitude offerte au cheminement des forces dans la maçonnerie, parce que la véritable courbe est indéterminée.

Dans le même ordre d'idées, considérant que la véritable courbe des pressions dans l'intérieur d'un mur de soutènement est indéterminée, non pas, il est vrai, du fait de l'élasticité, comme dans les voûtes, mais par l'indécision qui règne toujours sur la valeur réelle de la poussée des terres, M. Leygue pose ainsi la question de stabilité :

« Rechercher entre quelles valeurs doit être compris l'angle φ du talus naturel des terres, pour que le travail moléculaire à l'intérieur du mur projeté ne dépasse pas une limite imposée. »

Dès lors la vérification de stabilité d'un mur de soutènement se réduit à tracer pour le joint de base :

D'une part, la courbe figurative des pressions normales compatibles avec la nature des matériaux ;

D'autre part, la courbe figurative des pressions normales résultant du poids propre du mur et de la poussée des terres, en conservant à ces pressions normales, comme points d'application, chacun des centres de pressions obtenus pour la série des angles φ considérés.

Cette dernière courbe pénètre le triangle curviligne formé par les deux branches de la première et la base du mur. Or, il est facile de se convaincre que les angles φ, répondant à la partie enfermée, assurent, à l'exclusion de ceux répondant à la partie extérieure, un travail moléculaire de la maçonnerie inférieure à la limite imposée.

De l'épure, ainsi présentée, résulte la détermination exacte de tous les angles φ suivant lesquels les terres à soutenir pourront tendre à s'écouler sans compromettre la stabilité de l'ouvrage. La double appréciation de ces terres, et surtout des modifications qu'elles éprouvent après la construction, n'intervient pas aussi directement que dans la méthode de M. de Dion, ce que M. Leygue considère, dans certain cas, comme un avantage.

M. de Dion répond qu'il suffit, pour déterminer la poussée maximum, de construire quelques points de la courbe; que ces points sont faciles à trouver en traçant les forces qui agissent sur le prisme, forces qu'il faut en tout cas connaître : tandis que la construction de M. Poncelet repose sur des considérations géométriques étrangères au problème.

Qu'alors même que le tracé de la courbe ne présenterait, pour quelques personnes, aucun avantage spécial sur le tracé géométrique, encore faudrait-il le faire connaître, parce que cette nouvelle solution peut être préférée par d'autres personnes.

Mais qu'il y a plus : la courbe indique l'influence de l'inclinaison du plan de glissement sur l'intensité de la poussée, et en cela elle lui paraît particulièrement intéressante.

Quant au coefficient de stabilité, M. de Dion insiste sur l'intérêt qu'il y a à bien déterminer l'influence des différents éléments du problème et à porter toute l'attention de l'ingénieur sur le frottement des terres qui joue le rôle principal dans le calcul. La construction graphique qu'a présentée M. Leygue est très-intéressante,

elle servira de vérification après qu'on aura fixé les dimensions du mur; elle servira même à les rectifier; mais il ne faut pas perdre de vue que l'ingénieur devra toujours fixer ses idées sur la nature du terrain en adoptant un angle φ, qui sera pour lui l'angle minimum du glissement possible des terres, et que cet angle, une fois choisi, les dimensions du mur devront en résulter. C'est là l'esprit de la méthode que M. de Dion a indiquée.

M. B. Normand, après avoir indiqué les dispositions adoptées en Angleterre pour la construction des murs de quai dans les ports de mer, expose quelques considérations particulières sur l'équilibre des murs.

M. le Président prie M. Normand de faire de ces considérations l'objet d'une note spéciale.

Séance du 1er Septembre 1871.

Présidence de M. Émile Muller, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 18 août est adopté.

M. le Président annonce que MM. Émile Leclerc et Sergejeff, membres de la Société, ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. le Président annonce également que la Commission du génie civil, au nom du Ministre des travaux publics, a accordé à la Société un brevet comme témoignage du dévouement patriotique dont elle a fait preuve pendant le siége de Paris.

Il est ensuite donné lecture de la lettre suivante, adressée par M. Nordling au Président de la Société :

« Toute l'Europe est informée que les deux Empereurs d'Autriche et d'Allemagne sont arrivés ici de Wels par Lambach et Gmunden, mais peu de personnes se doutent qu'entre ces deux dernières localités, LL. MM. ont parcouru une voie étroite de 1m, 11 de largeur. Cette section qui sert aujourd'hui de voie d'accès au Bade-Baden de l'Autriche, était jusqu'en 1854 exploitée par des chevaux, comme partie intégrante de la ligne de Gmunden par Linz et Budweis, successivement concédée en 1824 et en 1832 pour faciliter le transport du sel et de certains combustibles. Depuis lors, la partie comprise entre Lambach et Linz a été reconstruite et incorporée à la grande ligne de Salzbourg à Vienne, et entre Linz et Budweis la transformation en voie normale se poursuit. Il ne reste donc en petite voie que le tronçon précité de 27 kilomètres de longueur qui finit au délicieux lac de Gmunden et qui, à mes yeux, constitue un petit prodige. Les courbes sont nombreuses et descendent jusqu'aux rayons de 66 et de 44 mètres, et au départ de Gmunden se trouve une rampe de 34 millièmes. De la gare de Gmunden se détache une voie de service, à traction de chevaux, qui emprunte les ponts et accotements de la route, entre par l'étroite porte du beffroi, contourne des coins de rue redoutables et arrive jusque sur la place du marché et le port où s'opèrent les chargements et déchargements des wagons.

« Le trafic est assez considérable. En 1869 on a transporté 84 000 voyageurs et 78 000 tonnes de marchandises, si bien que la recette brute a atteint près de 17 000 francs par kilomètre. Sur ce chiffre 62 % ont été, dit-on, absorbés par les frais d'exploitation et ce taux élevé serait peu encourageant s'il ne s'expliquait en grande partie par la vieillesse du matériel et des installations et par l'espèce d'abandon où cette exploitation semble être laissée par la Compagnie, évidemment absorbée par ses grandes lignes.

« Les partisans de la petite voie, de plus en plus nombreux dans notre Société et dans le monde entier, me sauront sans doute gré de leur avoir signalé ce nouveau précédent.

« Me sera-t-il permis de terminer ma lettre par un fait personnel? Dans son discours d'adieu, notre ancien Président a bien voulu m'attribuer le titre de « Directeur général des chemins de fer de l'Autriche. » La modestie m'oblige à dire que je ne suis que le conseiller du ministre, et que le ministre, bien entendu, n'est tenu ni à lui demander des conseils, ni à les suivre. »

M. Vuillemin juge que la lettre de M. Nordling est une condamnation des chemins à voie étroite plutôt qu'un argument en faveur de leur établissement en France.

M. Dallot pense que les chemins à voie étroite pourraient souvent précéder les chemins à voie ordinaire de 1m,50; ils développeraient l'industrie dans beaucoup de localités où elle est encore insuffisante, pour rémunérer immédiatement les capitaux nécessités pour la construction des chemins à voie large.

Il lui paraît évident qu'il est préférable d'avoir un chemin de fer imparfait plutôt que de ne pas en avoir du tout, puisque même sous cette forme imparfaite, surtout le railway quand il est combiné avec l'emploi de la vapeur constitue un instrument de transport bien supérieur aux routes ordinaires.

M. Vuillemin ne pense pas qu'on puisse établir des chemins à voie étroite en dehors des chemins industriels et des chemins d'usine. La question de transbordement est capitale, et il faut songer que ce sont des wagons venant de toutes les parties de la France qu'il s'agit de conduire dans les centres industriels.

M. Desgrange ajoute que l'on est arrêté, dans la diminution de la largeur de la voie, par cette nécessité de faire des machines puissantes pour les fortes rampes qui accompagnent toujours les projets à voie étroite.

M. Goschler rappelle que le principal avantage des chemins à voie étroite est de permettre de petits rayons, et, par suite, de diminuer considérablement les frais de premier établissement.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Jules Morandière, faisant part que M. Bontemps et lui, ayant assisté au meeting de Middlesbrough de la Société des Ingénieurs-mécaniciens anglais, leur présence a motivé un toast porté aux ingénieurs civils français et à notre Société.

M. le Président pense être l'interprète de la Société en remerciant l'Institution des ingénieurs-mécaniciens de la sympathie qu'elle a bien voulu nous témoigner en cette circonstance.

M. Piquet dépose sur le bureau un article additionnel à l'article 8 du règlement. Le Comité examinera cette proposition.

M. Jordan donne communication de son Mémoire sur la fabrication des projectiles et sur leurs fusées, qui a été retardée jusqu'à présent par diverses circonstances. Il

rappelle que, dans deux séances antérieures, il a entretenu la Société des formes des divers projectiles et de l'influence de ces formes sur leurs trajectoires.

Il s'occupe d'abord de la fabrication des projectiles eux-mêmes et décrit brièvement les procédés de moulage employés pour les boulets et bombes sphériques, pour les obus oblongs de l'artillerie de terre (procédé Fourcaut), pour ceux de l'artillerie de marine (procédé Maillart), pour les obus à enveloppe de plomb, comme ceux de l'artillerie prussienne et du nouveau canon de 7. Il indique les modes de fixation des enveloppes de plomb épaisses et minces, ainsi que les essais faits à ce sujet pendant le siége de Paris.

Passant ensuite aux modes de chargement des divers projectiles, il décrit la cartouche à inflammation centrale du canon de Reffye, puis la matière dont sont préparés les obus à balles ou schrapnels français et prussiens, et enfin la construction des boîtes à balles, des appareils Moisson, des appareils à tige cannelée et enfin des balles à feu.

M. Jordan termine en étudiant la pyrotechnie des projectiles, c'est-à-dire les étoupilles et les fusées. Après avoir dit quelques mots des anciennes fusées de projectiles ronds, à calice ou à évents et des fusées à cadran, système Barticher pour schrapnels sphériques, il classe les fusées de projectiles oblongs en : fusées à durées, fusées percutantes, fusées à concussion et fusées à rotation. Il décrit les fusées de l'artillerie française, puis ensuite quelques fusées percutantes, en les distinguant en fusées agissant par refoulement (par exemple fusée Demarest) et fusées agissant par réaction d'une masselotte mobile, avec ou sans amorce fulminante (entre autre fusées prussienne, fusée Maucourant, fusée de l'artillerie de marine); enfin il indique le fonctionnement de la fusée à concussion et à cadran, sytème Richter, pour schrapnels prussiens, et des fusées à rotation récemment proposées en Angleterre. Il communique le croquis d'une fusée à temps et à cadran proposée par M. Foex, membre de la Société, et dans laquelle la durée est réglée par la position du point de rencontre d'une fente héliçoïdale pratiquée dans le corps de fusée avec une fente longitudinale pratiquée dans une douille centrale concentrique; l'inflammation de l'amorce est produite par les gaz au départ du projectile, et l'éclatement a lieu au moment du choc à l'arrivée, s'il n'a pas été antérieurement produit suivant le règlement de la durée.

M. Jordan remercie, en finissant, la Commission du génie civil, grâce à laquelle il a pu réunir une bonne partie des renseignements nécessaires pour sa communication.

Séance du 15 Septembre 1871.

Présidence de M. Émile Muller, *Vice-Président.*

Le procès-verbal du 1er septembre est adopté.

M. le Président fait part du décès de MM. Bouquié, Grateau, Luck et Kohn, membres de la Société.

M. le Président a la satisfaction d'annoncer que M. Auguste Dallot vient d'être décoré de la médaille militaire pour sa belle conduite à la défense de Châteaudun.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Gottschalk, adressée à M. Flachat, sur le tunnel du Mont-Cenis :

« Quoique nous n'ayons pu franchir le tunnel que partie à cheval et partie en omnibus à traction de chevaux par suite d'un retard dans la pose de la voie, je viens néanmoins vous communiquer quelques observations qui pourront vous intéresser.

« Le dimanche 27 août, il s'en fallait encore de 1 kilomètre que la simple voie définitive ne fût posée dans toute la longueur de ce grand tunnel ; on commençait déjà à poser la double, bien qu'on se propose de ne jamais faire de croisement de trains dans le tunnel, mais afin de pouvoir l'utiliser en cas de besoin et notamment pour le service des gardes.

« Le revêtement est complet dans toute la longueur, excepté dans la traversée du quartzite où on l'a jugé inutile.

« On travaille à achever les têtes et les trottoirs latéraux ; le tout doit être parachevé de façon à pouvoir faire l'ouverture le 17 septembre. C'est l'administration des travaux du tunnel, autrement dit le gouvernement italien, qui doit faire les invitations ; j'ai fait inscrire la Société des Ingénieurs civils, qui s'est tellement intéressée à cette grande œuvre, pour deux ou trois invitations qui vous seront adressées personnellement.

« En ce qui concerne la ventilation, elle était parfaite le jour de notre passage, et en mettant pied à terre au milieu du tunnel, nous avons pu constater un courant d'air tellement violent, que les lampes avaient peine à rester allumées.

« La température intérieure variait, depuis quelques semaines déjà, entre 18 et 26°, au maximum.

« La direction du courant est généralement de Modane à Bardonnèche, par suite de la grande différence de niveau des deux têtes ; mais on a pu constater que tout à fait exceptionnellement, et notamment quand le vent du sud règne quelque temps, le courant d'air se fait en sens opposé.

« La même observation avait déjà été faite au tunnel de Giovi.

« Il peut donc arriver, au moment où il y a changement de direction dans le courant, un instant d'équilibre pendant lequel la colonne d'air du tunnel est complétement en repos ; mais on a observé, dans ce cas, qu'il suffit du moindre mouvement d'un corps à l'intérieur pour déplacer et mettre en marche cette colonne.

« Il ne faut pas oublier non plus que la section du tunnel est d'environ 70 mètres carrés, et que conséquemment on dispose d'un cube d'air considérable.

« Les craintes d'asphyxie sont donc dénuées de tout fondement.

« Il sera bon, pour plus de précaution, de brûler du coke dans les premiers temps et d'appliquer à toutes les machines du tunnel l'appareil Thierry, qui, s'il n'est pas parfait, brûle du moins la plus grande partie de la fumée.

« Au surplus, l'administration des travaux et celle de notre Compagnie qui exploitera, usant de prudence, ont laissé subsister, du côté de Bardonnèche, les ventilateurs, et du côté de Modane, les aspirateurs qui ont servi à la ventilation des galeries d'avancement.

« Il suffira de renverser les soupapes des aspirateurs pour les transformer en machines soufflantes, et dès lors on pourra aspirer du côté de Bardonnèche et souffler du côté de Modane, un tel point que nécessaire, la conduite d'air ayant été maintenue dans toute la longueur du tunnel.

« L'eau ne manquera jamais pour mettre en marche tous ces appareils.

« Cette précaution paraît, je le répète, tout à fait superflue ; mais l'Administration n'a rien voulu négliger.

« Selon mon opinion, il y aurait bien plus à craindre un courant d'air trop rapide et qui pourra, à un moment donné, devenir nuisible pour le service des gardes.

« Tout le tunnel est d'ailleurs parfaitement sec, ce qui diminue considérablement les chances de patinage des machines sur les grandes rampes.

« Nous avons parcouru, à une vitesse de 50 à 60 kilomètres à l'heure, la section qui s'étend de Bardonnèche à Bussolino, station d'embranchement de la ligne de Suse à Turin.

« Cette section, qui présente de nombreuses pentes de 30 millimètres, comporte un tracé remarquable avec de nombreux tunnels et viaducs. Elle est entièrement achevée.

« Il n'est pas de même de celle de Saint-Michel à Modane, qui ne pourra guère être terminée avant la fin du mois.

« Pour en terminer avec le tunnel, je vous dirai que j'ai fait promettre aux ingénieurs qui ont exécuté ce beau travail, sous les ordres de M. Sommeiller, de vous envoyer directement tous les renseignements qu'ils possédaient sur leur très-respecté maître, grand par le cœur comme par l'intelligence.

« D'après ce que j'ai entendu dire, M. Sommeillier était très Français de cœur quoique étant bien de nationalité italienne. »

M. Jordan présente de la part de M. A. Brustlein, ingénieur, membre de la Société, la collection complète des dessins, tables et règlements de construction de l'artillerie fédérale suisse. Cette collection se compose :

1° De 25 planches et 2 volumes de texte pour la pièce de 4 rayée en bronze se chargeant par la bouche. Cette pièce, qui a été très-étudiée par les artilleurs suisses comparativement aux bouches à feu des autres pays, a un projectile qui se force de lui-même au départ au moyen d'un culot concave en plomb ; la fusée spéciale de l'artillerie suisse est une fusée à temps, à cadran, qui prend feu par l'action des gaz. L'affût est en fer et tôle. Toutefois, cette pièce de 4 ne présente plus qu'un intérêt rétrospectif, car elle va être transformée. M. Brustlein espère pouvoir transmettre sous peu les planches d'exécution du nouveau type adopté.

2° De 22 planches et 1 volume pour la pièce de 8 de campagne se chargeant par la culasse. Le canon, en acier fondu, est muni d'une fermeture système Broadwell à un seul coin, avec anneau obturateur en acier. Le projectile, muni de la fusée prussienne, est à enveloppe mince de plomb soudée et à noyau en fonte cloisonné. L'affût est en fer. On est très-satisfait de cette pièce de 8 en Suisse, et la nouvelle pièce de 4 lui ressemblera beaucoup. Sa construction, très-étudiée par des officiers d'artillerie, pour la plupart ingénieurs et mécaniciens dans la vie civile, mérite toute l'attention de la Société.

3° De 7 planches pour la pièce de 12 de position, qui représente un matériel de bronze en partie transformé et en partie refondu. La fermeture est à deux coins du système prussien, et le projectile est tout à fait semblable au projectile du même calibre.

Il a été fabriqué en province, notamment à Lyon et à Marseille, pendant l'investissement de Paris, des pièces de 7 en bronze dans lesquelles on avait supprimé le système de fermeture à vis, pour le remplacer par le coin transversal unique de la pièce de 8 suisse. Ces pièces avaient été commandées pour les légions Alsace et Rhône. M. Jordan en a vu un assez grand nombre à Marseille, mais il ignore si elles

ont été essayées et quels résultats elles ont fournis. En tout cas, elles n'avaient que le nom et le calibre de commun avec les pièces de 7 fabriquées à Paris; leurs conditions de chargement et de tir étaient forcément toutes différentes, l'inflammation centrale et l'emploi de la poudre comprimée devenant impossibles.

M. [illegible] appelle en quelques mots l'attention de la Société sur la brochure qu'elle a reçue de M. Renne, membre de la Société, et qui est relative à un projet concernant l'approvisionnement de l'agriculture dans les départements envahis, projet dont il a développé les principales dispositions à la réunion libre des agriculteurs de l'Assemblée nationale.

La valeur totale, avant la guerre, du cheptel et des instruments agricoles, dans les trente-trois départements envahis ou occupés par les armées belligérantes était d'environ 2,700,000,000 fr.; la perte est estimée à un chiffre variant entre un tiers et la moitié de la valeur totale, de telle sorte qu'on peut évaluer à un milliard la dépense nécessaire pour remettre l'agriculture dans l'état où elle était avant la guerre, au point de vue seulement des animaux et des instruments.

La combinaison proposée a pour objet de rapporter aux cultivateurs, à des conditions peu onéreuses, les outils, les graines, les animaux qui leur ont été enlevés; un syndicat des maisons de banques et de crédit les plus honorables de l'Angleterre, avec le concours et sous le patronage des Associations agricoles les plus importantes, offre de faire les avances de capitaux nécessaires pour acheter et payer comptant en France, en Angleterre, en Hollande, en Espagne, en Italie, en Hongrie, et même en Amérique les articles exigés par notre situation agricole et de les transporter aux prix les plus réduits jusqu'aux localités envahies.

Une Société française, à constituer avec un capital uniquement de garantie, recueillerait les demandes, vérifierait les garanties de solvabilité, transmettrait les commandes, contrôlerait les acquisitions, etc., et serait autorisée à émettre, au fur et à mesure de ces livraisons, des obligations pour le remboursement du montant des acquisitions et des transports.

Ces obligations seraient garanties par les départements, qui seraient autorisés à contracter et à garantir des emprunts par une loi spéciale étendant aux engagements à contracter pour la fourniture des animaux de travail, bestiaux, instruments, etc., la loi du 21 juin 1865 sur les *Associations syndicales*.

Le projet de cette loi spéciale a été déposé et renvoyé à la Commission d'initiative qui en a voté la prise en considération. Il y a tout lieu de croire qu'il sera adopté et que nous verrons se réaliser une combinaison qui, tout en permettant à notre agriculture de récupérer ses pertes, améliorera certainement notre cheptel, et aura surtout pour effet de développer parmi nos cultivateurs l'esprit d'initiative et d'association.

M. Sévénac, chargé par la Commission du génie civil de l'exécution d'une partie des obus de 7, confiés à l'industrie privée, donne communication d'une note sur cette fabrication spéciale.

Après avoir exposé quelques généralités sur les résultats obtenus avec les canons rayés se chargeant par la culasse, qui sont les seuls qu'à l'avenir l'artillerie devra employer, il aborde la description de la fabrication des obus de 7, pendant l'investissement de Paris.

Lorsqu'il s'est agi de fabriquer, dans Paris bloqué, des engins de guerre, le

problème a été plus difficile à résoudre qu'il ne l'eût été dans la plupart des grandes villes industrielles, en ce qui concernait les projectiles, seule partie du matériel d'artillerie confiée en temps ordinaire à l'industrie privée. En effet, cette fabrication était étrangère à tous les fondeurs, parce que depuis longtemps, à Paris, elle était proscrite par les prix exagérés de la main-d'œuvre, le refus des ouvriers de travailler aux pièces, le prix des combustibles, les droits de douane et d'octroi, etc.

Il a donc fallu créer le matériel, et un matériel simple, qui supprimât l'apprentissage des ouvriers et pût être exécuté rapidement.

1° *Des châssis.* — Les châssis sont à quatre compartiments. Autour des modèles il reste au minimum de 25 millim. de sable, c'est suffisant. La partie inférieure des châssis a 60 millim. de hauteur, deux traverses en diagonale soutiennent le sable et la pression de la fonte liquide. Ces traverses pouraient être remplacées par des traverses de champ et perpendiculaires aux faces du châssis ; elles gêneraient un peu moins le moulage et soutiendraient suffisamment le sable. Ce serait une bonne modification à apporter à la partie inférieure des châssis.

La partie supérieure porte deux traverses ayant chacune deux mamelons de 40 m/m de hauteur. L'essentiel est que de la partie inférieure du corps du châssis à la partie inférieure du mamelon, la distance soit bien égale à la hauteur du modèle du projectile augmentée de la hauteur de la partie renflée de la portée. Les faces de ces mamelons doivent être dressées. Les trous recevant les portées de modèles et les lanternes doivent être alésés. Trois goujons avec clavettes ajustés réunissent les deux parties du châssis.

L'ajustage d'un pareil châssis, avec fourniture de goujons et clavettes, ne dépasse pas trois francs.

Un châssis complet pèse 40 kil. environ; plein avec les noyaux, il ne dépasse pas 100 kil. Un mouleur et un aide le manœuvrent parfaitement.

2° *Des modèles.* — Les modèles doivent être faits avec grand soin. Ils sont d'un seul morceau. A Paris, la fonte devait être tournée avant la galvanisation. Pour que le tir soit précis, il faut que les épaisseurs des parois soient bien uniformes; il faut donc que le noyau soit bien centré; il faut ensuite que le projectile soit bien centré sur le tour : deux opérations assez délicates. Voici comment ont été résolues ces difficultés :

La partie de la fonte tournée devait avoir 83 millim. de diamètre. On donnait aux modèles 85 millim., et par suite du retrait de 1 pour 100 sur la fonte et de l'ébranlage qui dépend de l'habileté du mouleur, mais qui agit en sens contraire du retrait, le projectile avait environ 84 m/m 5. Il restait à prendre avec l'outil 3/4 de millim. sur le rayon. L'ouvrier tourneur était obligé de bien centrer sa pièce, la vérification était forcée. S'il avait enlevé trop sur un rayon, il aurait laissé la croûte sur le rayon posé; le projectile aurait été rebuté, le plomb n'aurait pas pu adhérer. Il n'en aurait pas été ainsi avec des modèles de 88 millim. de diamètre. Les 5 millim. à enlever auraient pu être pris quatre d'un côté et un de l'autre, sans que l'œil en soit averti.

Les modèles sont creux pour pouvoir être plus facilement manœuvrés. Chaque modèle pèse 3 k. 500 gr. environ; il est en fonte, la fusée est en fer.

3° *Boîtes à noyaux et lanternes.* — La partie du noyau qui doit faire la lumière du projectile doit avoir 27 m/m 5 de hauteur, plus 2 m/m 5 de dressage, et 6 millim. de sable pour éviter les gouttes froides. La chambre de la boîte doit donc avoir 35 millim , et en outre de quoi loger la portée de la lanterne qui est de 20 millim.,

soit 56 millim. Le reste de la boîte n'offre rien de particulier, c'est exactement la forme intérieure de l'obus. La partie mince de la fusée du projectile et des lanternes est légèrement conique pour permettre de faire un peu varier le noyau et le bien centrer. Une clavette en U maintient solidement le noyau dans le moule. La bague de renmoulage, qui a exactement l'épaisseur des parois, sert à centrer le noyau.

La lanterne doit avoir un diamètre de 13 millim. Si ce diamètre était moindre, les trous d'air ne seraient pas suffisants pour laisser échapper les gaz; s'il était plus grand, tout en mettant autour de la lanterne le moins de sable possible, on donnerait à la lumière du projectile un diamètre intérieur trop rapproché de celui de 21 millim. auquel il doit être alésé.

Le sable employé était du sable vert qui resservait sans cesse en y ajoutant 1/10 environ de sable neuf. Les noyaux étaient en sable vert neuf, préparé avec du noir et de la sciure de bois; l'ensemble était assez adhérent pour tenir sur la lanterne sans l'entourer de foin tressé. Un ouvrier pouvait faire sans se fatiguer 80 projectiles par jour. Un noyauteur pouvait faire 300 noyaux dont 250 utilisés.

Le renmoulage était fait dans quelques fonderies par des ouvriers spéciaux. Deux ouvriers pouvaient renmouler 400 projectiles par jour.

Le projectile brut, il s'agit de le finir, c'est-à-dire de l'aléser, le tarauder, le tourner, le plomber. L'alésage, le tournage de la fonte, le taraudage n'offrent rien de particulier. La partie qui a réellement de l'intérêt, c'est le finissage du projectile.

Deux méthodes ont été employées à Paris, trois en province.

A Paris. — 1° Tournage de la fonte, décapage, plombage, tournage du plomb.

2° Décapage sur la fonte brute, plombage, tournage du plomb.

En province. — Les méthodes précédentes auxquelles est venue s'adjoindre celle de décaper et plomber sans tourner le plomb.

M. Sévérac décrit sommairement ces trois méthodes en insistant sur les avantages de la dernière.

1re Méthode. — L'obus étant tourné en sortant de la fonderie, il fallait le décaper. Pour cela, on le chauffait au violet et on le plongeait dans un baquet contenant une dissolution de 10 pour 100 de chlorhydrate d'ammoniaque, soit 10 kilogrammes de chlorhydrate pour 100 litres d'eau. L'obus en sortant de ce mélange devait être blanc argentin. Il était plongé ensuite dans un bain de zinc où il se galvanisait, puis dans un bain de plomb pour empêcher le zinc de s'oxyder; enfin, il passait dans la lingotière. Cette méthode employée chez M. Flaud, sous la surveillance de l'artillerie constituait, il faut l'avouer, un moyen primitif qui avait pour inconvénient d'être très-lent, très-coûteux, peu sûr. Malheureusement elle a été imposée à l'industrie privée.

Dans cette méthode, le bien fini dépend de la propreté de l'obus tourné et de la rapidité du passage du bain de zinc au bain de plomb.

Lorsque les ouvriers sont très-habiles, il est facile d'éviter de plonger une seconde fois dans le bain de plomb et on peut passer directement du bain de zinc à la lingotière.

2e Méthode. — L'obus est pris brut, tel qu'il sort de la fonderie; c'est le cas le plus économique, le plus pratique et celui qui donne les meilleurs résultats. Prendre de grands baquets, généralement en bois, y placer une centaine d'obus environ debout, les laisser dans un bain composé de la manière suivante:

40 p. 100 d'un mélange de 60 p. 100 d'eau. { Acide sulfurique 15 p. 100 à 65°. / Acide chlorhydrique 85 p. 100 à 21°.

Le laisser une heure à une heure et demie. Le temps varie avec la pureté du bain.

Plus le bain a servi, moins il est pur. Les obus qu'on sort des bains sont brossés soigneusement avec une brosse de chiendent; ils sont portés à l'étuve jusqu'à ce qu'ils soient bien secs; de là ils passent dans un bain de zinc bien pur couvert d'un bain de sel de muriate. Ce sel finit de décaper les obus, si sur quelques-uns restaient encore quelques traces d'oxyde, et favorise l'adhérence de la galvanisation qui devient parfaite. Du bain de zinc l'obus passe à la lingotière. Ce second procédé est bien préférable au premier; les bains acides sont très-énergiques, le décapage ne laisse rien à désirer, par suite la galvanisation et le plombage se font sans difficultés. Si, dans le premier cas, les obus ne sont pas très-propres, ce qui arrive souvent dans les ateliers, les bains ne sont pas suffisamment énergiques pour les décaper parfaitement.

Au sortir de la lingotière, les obus passent sur le tour; un chariot enlève le plomb au diamètre de 88 millim. Un autre chariot portant un peigne pareil au modèle finit l'obus.

3e Méthode. — Ce procédé ne diffère du précédent qu'en ce qu'il y a une opération supprimée, c'est le tournage du plomb. La lingotière a la forme extérieure du projectile fini. C'est la méthode qui a été employée à Nantes, chez M. Voruz: c'est la plus sûre, la plus économique, la plus rapide.

Cette troisième méthode était employée à Saint-Thomas-d'Aquin sur les obus de 24, mais sur de la fonte tournée.

M. Sévérac termine par quelques considérations sur le rôle que devrait jouer, dans les futures commandes d'artillerie, l'industrie privée qui a donné, pendant le siége de Paris, un des plus beaux exemples de sa puissance. Le 12 octobre 1870, les industriels parisiens sont convoqués au Conservatoire pour prendre connaissance d'un canon type, et le 12 janvier suivant plus de 200 canons étaient exécutés. Pour les projectiles les commandes ont été données le 20 octobre, et le 20 janvier 200 000 étaient livrés; et il a fallu tout créer : matériel de fonderie, de forage, de rayure. On n'avait ni études préalables, ni matières premières convenables, ni moyens de s'en procurer, ni enfin d'ouvriers spéciaux. Les résultats obtenus avec de tels éléments sont la mesure de ce qu'on réalisera en associant à l'avenir, à la pratique des officiers d'artillerie sur les dispositions et la manœuvre des pièces, les moyens d'action dont dispose l'industrie privée pour l'exécution.

M. Pierre Thomas, au nom de la Commission chargée d'étudier les améliorations à apporter au service de la vicinalité en France, et en qualité de rapporteur de cette Commission, dépose un premier rapport sur les travaux de ses collègues.

La Commission, après avoir largement examiné la question spéciale du service des agents voyers et posé quelques conclusions sur cet objet, demande l'autorisation de se renfermer désormais dans l'étude du point qui, dans l'idée de la Société, a dû être principalement soumis à son examen, *la création en France de l'ingénieur rural pour la mise en rapports permanents de la science avec l'agriculture*.

La Commission pense avec l'auteur de l'idée, M. Chabrier, que le cumul des fonctions d'agent voyer cantonal avec celles d'ingénieur rural est parfaitement pratique, et fournirait une solution assez rapide au projet que la Société a pris sous son patronage.

Elle demande que le rapport déposé par M. Pierre Thomas soit lu en séance pour provoquer d'abord une discussion générale sur ses conclusions, et amener ensuite la production de documents et d'avis nouveaux sur la question de la part de tous nos collègues de Paris et de province.

Elle demande également que le rapport soit imprimé ainsi que les divers documents intéressants qui lui ont été communiqués, pour que le tout puisse être publié en corps de brochure et porté à la connaissance des personnes compétentes et intéressées à la question.

M. Duperray donne communication de sa Note sur une relation simple entre la pression de la vapeur aqueuse et la température.

Il existe incontestablement, entre la pression d'une vapeur et la quantité de chaleur qu'elle contient, un lien nécessaire, une relation de cause à effet, soumise au principe de la transformation de la chaleur en force.

Mais il ne saurait y avoir de loi naturelle liant la pression à cet état calorique vague, empirique, d'origine arbitraire, qu'on nomme la température.

Aussi la science a-t-elle renoncé d'une part à résoudre le problème général comprenant toutes les vapeurs; et, d'autre part, en se bornant au cas de la vapeur aqueuse, ne prétend-elle qu'à trouver des formules d'interpolation, simples expressions numériques de la fonction.

Il faut mentionner toutefois deux relations qui ont été présentées avec de plus hautes prétentions.

L'une est la loi de Dalton, suivant laquelle, la température croissant en progression arithmétique, la pression croîtrait en progression géométrique : en moins de mots, la température serait le logarithme de la pression. Elle présente bien le caractère mathématiquement philosophique qui distingue une loi naturelle, mais elle s'éloigne beaucoup de la vérité.

L'autre est la formule de Roche : elle a sur ses rivales le mérite d'avoir été trouvée théoriquement; mais comme elle renferme trois constantes dont la détermination exige la connaissance des pressions répondant à certaines températures, elle n'est au fond qu'une formule d'interpolation *à priori*.

Il est bon d'ajouter que ces deux relations, l'une philosophique mais erronée, l'autre exacte mais à demi empirique, ont l'avantage de s'appliquer également à l'eau, à l'alcool et à l'éther.

Les nombreuses formules proposées jusqu'ici, et dont M. Duperray ne cite que les plus connues, peuvent se diviser en deux classes, selon que la pression est exprimée par une exponentielle ou par une puissance de la température.

Le type de la première classe est la formule de Dalton qui semble avoir inspiré toutes les autres : c'est une exponentielle monôme et entière, de la forme $f = a^t$. La constante a serait la raison de la progression géométrique supposée. M. Duperray l'a remplacée par la valeur moyenne de la raison variable; la formule est alors $f^{atm} = 1,3241^t$ (origine 100°, unité 10°).

La formule de Biot adoptée par M. Regnault est une exponentielle binôme exprimant le logarithme de la pression :

$$\log f^{atm} = 6,2640348 - 1,379667 \times 0,9863942^t - 4,925827 \times 0,9961938^t \text{ (origine 100°.)}$$

La formule de Roche est une exponentielle fractionnaire

$$f^{atm} = 1,035^{\frac{t}{1+0,002727t}} \text{ (origine 100°).}$$

Les formules de la seconde classe sont des puissances d'un binôme de la température, et des cas particuliers de la formule d'Young $f = (a + bt)^m$. Elles peuvent se ranger en deux groupes, selon que m est entier ou fractionnaire.

Au premier groupe appartiennent la formule de Tredgold, $f^{cm} = \left(\frac{t+75}{85}\right)^6$, et la formule de Dulong et Arago, $f^{atm} = (1 + 0{,}7153t)^5$, (origine 100°, unité 100°, la plus simple de toutes.

Au second groupe se rattachent la formule de Coriolis, $f^{atm} = \left(\frac{1 + 0{,}1878t}{2{,}878}\right)^{5{,}355}$, et la formule de M. Combes $1000\, p^{kg} = (1{,}300172 + 0{,}0187457t)^{6{,}0677}$.

Toutes ces formules présentent, au point de vue pratique, le grave inconvénient d'une complication qui n'a pas permis jusqu'ici d'introduire la température dans l'évaluation du travail des machines à vapeur où l'on part encore de la pression. Le calcul réclamerait une relation où la pression fût une fonction très-simple de la température, et réciproquement. Une extrême simplicité rachèterait suffisamment aux yeux des praticiens l'inexactitude de la formule, si l'erreur ne devait pas dépasser un ou deux pour cent de la pression, soit un degré de température; car elle se tiendrait alors dans les limites des discordances thermométriques inévitables dans la pratique.

Pour combler cette lacune du calcul, admettant qu'une formule simple ne pouvait être qu'une puissance entière d'un monôme de la température, et sacrifiant l'unité de la loi à la simplicité, M. Duperray a divisé la suite des pressions en séries régies par les lois suivantes : *La pression de la vapeur aqueuse est sensiblement proportionnelle :*

1° *De 10 à 25° à la première puissance de la température;*

2° *De 25 à 50° à la deuxième;*

3° *De 50 à 100° à la troisième;*

4° *De 100 à 230° à la quatrième.*

M. Duperray n'insiste que sur la dernière loi, la seule qui importe au calcul des machines à vapeur.

La formule correspondante est $f^{kg} = 0{,}984t^4$: f exprime la pression en kilogrammes au centimètre carré; t la température en degrés centigrades du thermomètre à air, en prenant pour origine la glace fondante et pour unité l'intervalle de cent degrés. Le coefficient 0,984 a été obtenu en calculant les rapports peu différents de la pression à la quatrième puissance de la température pour tous les degrés de 100 à 230°, et en prenant la moyenne de ces rapports. Cette formule est passible d'une erreur moyenne de 1 et 2/3 pour cent sur la pression et de 3/4 de degré sur la température.

Le coefficient différant peu de l'unité, M. Duperray a cherché quelle serait l'erreur moyenne de la formule extrêmement simple $f^{kg} = t^4$. Elle s'élève à 2,2 pour cent sur la pression, à 0°,85 sur la température. Sous réserve de cette erreur, on peut admettre que *la pression de la vapeur d'eau au-dessus d'une atmosphère est sensiblement égale à la quatrième puissance de la température.* Exemple : la pression à 200° sera la quatrième puissance ou le carré du carré de 2, c'est-à-dire de 16 kilog. La valeur exacte est 15^{kg},892 : différence 108 grammes, soit la 150° partie de la valeur.

Les deux formules qui précèdent sont générales, en ce sens qu'elles s'étendent de 100 à 230°, soit de 1 à 27 atmosphères; mais la pratique est loin d'atteindre à ces hautes pressions; elle n'a jamais dépassé 12 atmosphères. Dans ces limites, la formule serait : $f^{kg} = 0{,}976t^4$. L'erreur moyenne descend à 1,3 pour cent sur la pression et à 0°,4 sur la température.

Il est clair que si l'on voulait fractionner la loi de manière à l'appliquer à un

catégorie de pressions, on obtiendrait une approximation plus grande encore. Ainsi, pour les machines à haute pression, qui travaillent d'ordinaire entre 4 et 8 atmosphères, la formule $f^{kg} = 0,965 t^4$ ne comporterait qu'une erreur moyenne de 1/2 pour cent sur la pression et de 0°,2 sur la température.

En un mot, la table des rapports de la pression à la quatrième puissance de la température, annexée à la présente note, permettra de calculer à l'aide d'une simple moyenne des formules d'interpolation partielles, dont l'exactitude laissera peu à désirer, entre des limites plus resserrées de la température, répondant aux divers cas pratiques.

M. Duperray termine en ajoutant qu'à une simplicité incontestable, les formules qu'il propose joignent une exactitude égale ou supérieure à celle des meilleures formules connues, comme on peut en juger par les chiffres qui suivent et qui donnent l'erreur moyenne de température afférente aux unes et aux autres, entre 1 et 12 atmosphères en prenant pour terme de comparaison la table de M. Regnault, considérée comme équivalant à l'observation même :

Dalton.	Roche.	Tredgold.	Dulong.	Coriolis.	Combes.	$0,976 t^4$.	$0,984 t^4$.	t^4
3°,4	1°,2	1°,3	0°,8	1°,4	0°,5	0°,4	0°,6	1°,1

TABLE

des Rapports de la pression de la vapeur aqueuse à la quatrième puissance de la température de 100 à 190°, soit de 1 à 12 atmosphères, pour servir au calcul des formules d'interpolation partielles.

DEGRÉS.	RAPPORT.	DEGRÉS.	RAPPORT.	DEGRÉS.	RAPPORT.
100°	0,760				
101	0,757	131°	0,710	161°	0,710
102	0,754	132	0,710	162	0,710
103	0,751	133	0,709	163	0,711
104	0,748	134	0,709	164	0,711
105	0,746	135	0,709	165	0,712
106	0,743	136	0,708	166	0,712
107	0,741	137	0,708	167	0,712
108	0,739	138	0,708	168	0,713
109	0,737	139	0,708	169	0,713
110	0,734	140	0,707	170	0,714
111	0,733	141	0,707	171	0,714
112	0,731	142	0,707	172	0,715
113	0,729	143	0,707	173	0,715
114	0,727	144	0,707	174	0,716
115	0,726	145	0,707	175	0,716
116	0,724	146	0,707	176	0,717
117	0,723	147	0,707	177	0,717
118	0,722	148	0,707	178	0,718
119	0,720	149	0,707	179	0,718
120	0,719	150	0,707	180	0,719
121	0,718	151	0,708	181	0,719
122	0,717	152	0,708	182	0,720
123	0,716	153	0,708	183	0,721
124	0,715	154	0,708	184	0,721
125	0,714	155	0,708	185	0,722
126	0,713	156	0,709	186	0,722
127	0,713	157	0,709	187	0,723
128	0,712	158	0,709	188	0,723
129	0,711	159	0,709	189	0,724
130	0,711	160	0,710	190	0,725

L'intervalle de 100 degrés est pris pour unité. La pression est exprimée en mètres de mercure. Pour la traduire en kilogrammes, au centimètre carré, on multipliera le coefficient moyen adopté par $\frac{13,596}{10}$ ou 1,3596.

M. FLACHAT offre à la Société un intéressant rapport d'un ingénieur anglais, M. Hayvood, sur les améliorations à introduire à Londres.

Ce travail a été très-apprécié par la municipalité de Londres, et se divise en plusieurs chapitres :

— Superficie, population, voies de communication et trafic de la métropole.
— Grands centres de trafics.
— Superficie, population, voies de communication et trafic de la *Cité*. Détails.
— Grands courants du trafic.
— Effet probable sur la *Cité* des ouvrages déjà autorisés ou projetés.
— Améliorations à faire et recommandées.
— Considérations incidentes.
— Déductions générales.
— Conclusions.
— Appendice, tableaux, diagrammes et plans.

NOTICE sur FERDINAND KOHN, membre de la Société des Ingénieurs civils, mort à Londres, en avril 1871 (d'après *Engineering*, du 5 mai 1871).

Ferdinand Kohn, né à Neu-Schloss en Bohême, en 1838, allait atteindre sa trente-quatrième année révolue ; après avoir étudié à l'Institut polytechnique de Vienne, il débuta dans les ateliers de construction de locomotives dirigés par M. Haswell à Vienne. En 1859, il vint à Londres et s'associa à M. Shanks. Lors de l'exposition universelle de 1862, il fut chargé par le gouvernement autrichien du rapport [illegible] sur les machines exposées par l'Autriche. Devenu trois ans plus tard le représentant de M. Bessemer, en Autriche, il se voua à l'étude particulière de tout ce qui [illegible] rapport à cette industrie, et cessa de faire partie de la maison Shanks, en [illegible] lorsqu'il vint à Paris suivre et étudier l'Exposition universelle. Il s'occupa [illegible] suite de répandre le procédé Martin-Siemens, et parmi les installations où il prêta [illegible] concours le plus actif, nous pouvons signaler Terre-Noire, en France, et l'établissement de Flerisdorf, près Vienne (Autriche).

Très-compétent en métallurgie, il écrivit souvent sur ce sujet des articles [illegible] furent plus tard réunis en un volume remarquable intitulé : « Manufacture de [illegible] de l'acier. » Travailleur infatigable, Ferdinand Kohn parlait et écrivait parfaitement, outre sa langue, l'anglais, le français, l'allemand et l'italien : déjà ingénieur [illegible] apprécié, il promettait de devenir un jour un ingénieur de grand mérite.

D'excellents rapports entretenus à diverses reprises avec M. Ferdinand Kohn [illegible] fait considérer à M. J. Morandière, comme un devoir, de présenter à la Société la précédente notice sur celui qui fut un de ses membres.

COMMUNICATION

SUR

L'ARSENAL DE FOU-TCHÉOU

PAR M. PROSPER GIQUEL.

MESSIEURS,

Sur l'invitation qui m'en a été faite par votre honorable et savant Président, je vais avoir l'honneur de vous donner quelques détails sur une entreprise industrielle que les circonstances m'ont amené à créer en Chine, et dont je suis le directeur.

BUT DE L'ARSENAL. — L'établissement dont je veux vous entretenir est désigné sous le nom d'arsenal de Fou-Tchéou, mais n'est pas, comme cette dénomination pourrait l'indiquer, une usine destinée à la fabrication d'armes, de munitions ou autres objets de guerre : c'est spécialement un ensemble de chantiers et d'ateliers affectés à des constructions navales, et ayant, comme annexe, une usine métallurgique construite pour le laminage du fer en barres et en tôles. Je puis déjà définir son but qui a été de fournir aux Chinois une marine de guerre et de transport, de lui instruire des sujets capables de construire et de conduire ces navires, et enfin de tirer parti des richesses métallurgiques, notamment celles du fer, que la Chine possède. (Voir planche 32.)

PORT ET VILLE DE FOU-TCHÉOU. — Fou-Tchéou est un port de la côte de Chine, situé par 26° — 0,2′ — 24″ de latitude Nord, et 117° — 0,4′ — 45″ de longitude Est. Pour mieux en voir la position, par rapport à des points plus connus en France, on peut le considérer comme situé à peu près, à moitié chemin, entre Hong-Kong et Shang-Haï. La ville même de ce nom, capitale de la province du Fokien, se trouve à 34 milles marins de l'embouchure d'un fleuve nommé le Min. Les grands navires ne peuvent remonter que jusqu'à 11 milles plus bas, et mouillent sur une

rade appelée mouillage de la pagode, à cause d'un petit édifice religieux qui domine un charmant îlot situé à son entrée; c'est près de là que l'arsenal a été construit. La ville est très-importante; on lui attribue, mais plutôt par appréciation qu'après recherche sérieuse, une population de 500 000 habitants répartie dans la ville proprement dite entourée de murs, ses longs faubourgs et les nombreuses barques qui couvrent les eaux du fleuve. Elle est la résidence de très-hauts fonctionnaires chinois dont les principaux sont : le vice-roi ou gouverneur général du Fokien et de la province voisine, le Tchekiang, le gouverneur particulier du Fokien, le maréchal commandant en chef les troupes tartares, et d'une foule d'autres autorités provinciales et locales. Comme commerce avec l'Europe et l'extérieur, il s'en expédie annuellement à l'étranger, de 65 à 70 millions de livres de thé; on y importe de l'opium et des produits manufacturés, pour une somme d'environ 25 millions de francs. Les thés étaient enlevés, il y a quelques années, par une flotte de clippers à voile qui faisaient entre la Chine et Londres de grandes joutes maritimes pour lesquelles le commerce anglais se passionnait et sur lesquelles s'engageaient des paris très-considérables : mais c'est du passé; car, depuis l'ouverture du canal de Suez, les steamers sont venus reléguer au second plan ces jolis et gracieux navires dont on regretterait presque le règne fini, si, en affaires, il était permis de songer au pittoresque et d'oublier que le temps est de l'argent.

Les motifs qui ont fait choisir Fou-Tchéou pour la création d'un établissement maritime militaire sont les suivants :

Le port y est très-facile à défendre; car l'entrée du fleuve est garnie d'îlots et de montagnes admirablement disposés pour recevoir des forts, et, à une dizaine de milles plus haut, les collines qui le bordent resserrent assez son cours pour que la pose de quelques torpilles en rende le passage absolument impossible. L'arsenal trouvait de plus l'avantage qu'étant placé près d'une grande ville, de hauts fonctionnaires, des gens de la classe supérieure étaient mis à même de surveiller les progrès, de s'y intéresser, et que l'argent, moteur principal de toute opération industrielle, était assuré au fonctionnement de l'entreprise par la présence d'une douane importante, dont l'administration est entre les mains d'un personnel européen au service de la Chine. Le mouillage, aisément accessible à des navires de 22 et 23 pieds anglais de tirant d'eau, se trouvait suffisant pour les dimensions des navires que nous avions à construire; le long des rives de l'arsenal nous pouvons les amarrer bord à quai, facilité nécessaire à nos travaux. Nous savions que la province nous fournirait du fer, des pieux pour nos fondations, que le charbon de Formose n'en était pas loin, que la main-d'œuvre était à bon marché. Et enfin, raison dominante, nous voulions nous fixer près du haut fonctionnaire chinois, initiateur

l'entreprise, qui était alors à Fou-Tchéou, occupant le poste de vice-roi.

LE VICE-ROI TSO. — Ce mandarin s'appelle Tso-tsong-Tang, et j'espère qu'il aura la place qu'il mérite dans l'histoire de la Chine, si l'arsenal de Fou-Tchéou a été pour elle le point de départ d'une vie industrielle à laquelle elle était jusqu'alors à peu près fermée. Créer en Europe un arsénal comme le nôtre ne serait, et à vos yeux, surtout, Messieurs, qui étes pratiques en grandes choses, qu'une entreprise fort ordinaire. Mais, en Chine, son promoteur courait de grands risques personnels; car, d'après le système suivi par le cabinet de Pékin, qui ne prend jamais l'initiative d'une entreprise nouvelle, mais se contente de sanctionner ce qu'on lui propose, le vice-roi Tso avait à couvrir son projet de son unique responsabilité; l'insuccès de sa tentative eût brisé une des plus belles carrières que puisse présenter le corps des mandarins.

Ce n'est pas la première fois, cependant, que l'on ait songé, dans ce pays, à créer une marine; il y a quelques années, le gouvernement fit acheter, dans les ports anglais, une flottille qui arriva jusqu'à Shang-Haï; mais, par suite de mauvaise entente entre lui et les Européens qui furent chargés d'organiser cette force navale, elle lui fut retirée des mains par les ministres étrangers, et ne lui valut que des ennuis et de l'humiliation. Tso allait cette fois encore faire appel au concours d'un nombreux personnel d'Européens qui eût pu également l'entraîner dans des embarras. Il se lançait, en somme, à l'aveugle, n'entendant pas plus qu'aucun autre de ses pareils aux travaux qu'il allait entreprendre, mais ne voyant qu'une chose, c'est que la Chine avait à entrer en toute hâte dans la voie du progrès, et que quelqu'un devait prendre la responsabilité de ses premiers pas sérieux. Je voudrais avoir entre les mains le rapport, plein de bon sens et de hardiesse, qu'il adressa à son empereur, pour faire sanctionner ses vues; vous verriez quelle sagacité et quelle hauteur d'esprit peuvent se trouver chez des gens que nous nous sommes peut-être trop accoutumés à regarder comme simplement burlesques.

J'avais connu ce mandarin lorsque, dirigeant contre la rébellion un corps franco-chinois, organisé par un de mes collègues et moi, j'opérais dans la province du Tchekiang, de concert avec les troupes qu'il avait sous son commandement. La campagne une fois terminée, à la fin de l'année 1864, il me demanda un devis pour la création d'un arsenal maritime; mais celui que je lui soumis ne put être sanctionné définitivement qu'à la fin de l'année 1866, car Tso fut jusque là occupé à pacifier d'autres points que la rébellion désolait encore. C'est alors que furent signés les contrats qui devaient nous lier, mon personnel et moi, au gouvernement chinois. Il me fit donner, par le cabinet de Pékin, une nomination de directeur de l'arsenal; durant notre campagne commune,

j'avais déjà été nommé, grâce à lui, mandarin de deuxième classe et général de brigade, plus tard, mandarin de première classe et général de division dans l'armée de la Chine, et enfin décoré de la Plume de paon.

PROGRAMME DE FONDATION. — Le programme arrêté fut le suivant :

1° Création d'ateliers et de chantiers propres à construire des navires et leurs machines;

2° Création d'écoles destinées à former des contre-maîtres pour la construction, des capitaines et des mécaniciens pour la conduite des navires;

3° Engagement d'un personnel européen suffisant pour conduire les travaux et instruire les Chinois;

4° Installation d'une cale de halage en travers, système Labat, pareille à celle qui fonctionne à Bordeaux pour la réparation des navires;

5° Organisation d'une usine métallurgique pouvant laminer, en barres et en tôles, les lopins de fer brut que fournit la province et le vieux fer qu'on peut se procurer en Chine.

INAUGURATION DES TRAVAUX. — Au commencement de l'année 1867, quelques travaux préparatoires, tels que : logements du personnel et magasins, furent mis en train ; mais ce n'est guère qu'au mois d'octobre de cette même année, au retour d'un voyage que j'avais fait en France pour réunir le matériel et le personnel, que les travaux de l'arsenal proprement dit ont reçu leur impulsion réelle. Je me rappellerai toujours l'impression pénible que j'éprouvai quand je me trouvai en face d'une rizière nue, sur laquelle il fallait faire surgir des ateliers. De l'outillage acheté en France, il ne nous était encore rien arrivé ; nous nous trouvions dans un port qui ne présentait aucune ressource, comme machines et outils européens. Il fallait pourtant se mettre à l'œuvre; une petite cabane carrée, la seule qui se trouvât sur le terrain et dont je ne puis vous décrire l'usage, nous servit d'atelier des forges ; on y bâtit de suite deux feux, mis en train au moyen d'un soufflet chinois; nous en tirâmes nos premiers clous. Avec des charpentiers indigènes, nous construisîmes des sonnettes pour enfoncer des pieux, et nous procédâmes à l'installation d'un chantier sur lequel, trois mois après, nous mettions, avec solennité, la quille d'un transport. Pendant ce temps, les remblais étaient vigoureusement poussés, au moyen de 1 200 hommes; car nous avions à élever notre terrain de $1^{m},80$ pour le mettre au-dessus des hautes crues, et, comme il fallait calmer l'impatience bien naturelle des Chinois qui demandaient à voir des résultats dans le plus bref délai, nous entreprîmes la construction d'une série d'ateliers en bois, sous les-

quels furent placées une partie de nos machines-outils, au fur et à mesure qu'elles arrivèrent de France. Ces ateliers improvisés existent toujours, et l'arsenal présente ce spectacle assez commun dans les créations nouvelles faites à l'étranger, de bâtiments construits à la hâte, à côté d'établissements définitifs élevés avec un véritable luxe de matériaux et de main-d'œuvre.

ATELIERS ET CHANTIERS. — Je ne pourrais, Messieurs, sans vous faire perdre trop de temps, entrer dans des détails minutieux sur chacun des ateliers qui composent l'arsenal. Je me contenterai de vous en donner la liste avec la surface de terrain que chacun d'eux occupe.

Les bâtiments des grosses forges et des laminoirs comprennent un espace de 4 190 mètres carrés. Les grosses forges sont garnies de cinq pilons : un pilon Farcot à double effet de 2 000 kilogrammes, un pilon à simple effet de 2 000 kilogrammes, un pilon à simple effet de 1 000 kilogrammes et deux pilons de 300 kilogrammes ; de seize feux de forge pour gros travaux, et de six fours à réchauffer.

L'atelier des laminoirs comprend six fours à réchauffer et deux trains, l'un pour les fers, l'autre pour les tôles; ils sont actionnés par une machine de 100 chevaux; les ateliers réunis emploient 170 chevaux-vapeur.

La chaudronnerie occupe un espace de 2 400 mètres carrés; elle se compose d'une halle centrale de 20 mètres de large, et de deux travées de 10 mètres chacune. L'une de ces travées sert à la chaudronnerie de cuivre. Une machine de 15 chevaux donne du vent aux forges et du mouvement aux machines de ces deux ateliers.

L'ajustage se compose de deux sections dont l'ensemble occupe également une surface de 2 400 mètres carrés : l'une d'elles seulement a été occupée jusqu'ici; la deuxième se garnit graduellement de machines. Cet atelier, qui s'occupe de construire les machines de nos navires, pourrait actuellement livrer 500 chevaux par an. Il emploie 30 chevaux de force.

Le montage, qui est entre les deux sections de l'ajustage, occupe une superficie de 800 mètres carrés; il est surmonté d'un étage où sont établis les bureaux des ingénieurs et ceux du dessin.

La fonderie occupe une surface de 2 400 mètres carrés; elle se compose, comme la chaudronnerie, d'une halle centrale de 20 mètres de portée, et de deux bas-côtés de 10 mètres chacun. Elle est desservie par une machine de 15 chevaux, et livre généralement de 12 à 15 tonneaux de fonte moulée par semaine.

Les quatre ateliers qui précèdent ont été construits avec des matériaux superbes. Les Chinois nous ont fourni des briques excellentes, fabriquées dans un port voisin, nommé Amoy; les soubassements ont été faits en belles pierres que nous pouvions facilement nous procurer dans

les montagnes voisines de l'arsenal. Les tirants des fermes de ces ateliers, dont les halles centrales n'ont pas moins de 20 mètres de portée, ont été tirés d'une seule pièce dans des poutres de 22 mètres de long provenant de ces bois de construction qu'on trouve à Singapore et dont la dureté défie la morsure des fourmis blanches, et, je pourrais presque dire, les morsures du temps. Enfin, l'arsenal a fondu 120 colonnes, de 2 500 kilogrammes chaque, pour soutenir ces charpentes.

Nous passons ensuite aux bâtiments en bois.

La chronométrie occupe une surface de 720 mètres carrés; elle est divisée en trois sections : l'une destinée à la fabrication des chronomètres, l'autre à celle des instruments d'optique, la troisième à la boussolerie des navires.

Les petites forges, destinées à fournir les pièces innombrables de la construction et de l'armement d'un navire, occupent une surface de 2 160 mètres carrés; elles comprennent 44 feux de forge et deux pilons de 300 kilogrammes. A côté d'elles, un atelier de petit ajustage et de serrurerie sert également à l'armement et à la construction des navires; il occupe une surface de 510 mètres carrés. Plus loin se trouve l'atelier de scierie mécanique d'une surface de 1 020 mètres carrés; à côté de lui l'atelier des modèles et de la menuiserie occupe une surface de 1 440 mètres carrés.

Voilà pour les ateliers. Les chantiers de construction se composent de 3 cales : à droite et à gauche de chacune d'elles se trouvent des hangars pour le travail des ouvriers; un grand hangar sert de salle de gabarits pour le tracé en vraie grandeur des navires. La cale Labat complète le cadre voulu pour un établissement de construction navale; elle peut prendre des navires de 100 mètres de quille et de 2 500 tonneaux de déplacement; les navires y sont hâlés en travers et évitent, par ce procédé, les inconvénients afférents aux cales de halage en long.

Les magasins sont divisés en deux classes : les uns, sous la surveillance immédiate des Chinois, reçoivent les articles de toute espèce destinés aux approvisionnements généraux de l'arsenal. Ces articles vont de là à un magasin placé sous ma direction, et sont distribués ensuite aux ateliers, au fur et à mesure de leurs besoins.

Enfin, en dehors de l'arsenal, on a établi une briqueterie qui fournit des briques ordinaires et des briques réfractaires. Près d'elle sont des fours pour la préparation de la chaux que les Chinois confectionnent avec des coquilles d'huîtres.

Les logements du personnel européen et du personnel chinois sont tous situés, ainsi que les écoles, en dehors d'un fossé d'enceinte qui entoure l'arsenal proprement dit, et l'isole complétement. Le soir, les portes des ponts sont fermées, et il n'y reste plus que les soldats chinois préposés à sa garde.

La surface totale de l'arsenal est de 24 hectares; la surface que couvriraient les constructions et chantiers est de 7 hectares environ.

TRAVAUX PRODUITS. — L'arsenal a livré, jusqu'à présent, 6 navires : 3 sont des transports de 11 à 1 200 tonneaux de déplacement; trois sont des canonnières de cinq à six cents tonneaux. Actuellement il y a trois navires sur chantiers : une corvette, une canonnière et un transport, et nous sommes à même de les lancer tous dans l'intervalle d'une année. L'un des transports porte une machine de 150 chevaux, du système dit à pilon, faite à l'arsenal; deux autres de ces machines sont actuellement en train.

ÉCOLES. — Je vais maintenant, Messieurs, vous dire quelques mots des écoles qui forment un élément important de notre entreprise.

Nous avions accepté la tâche assez difficile de livrer, au bout de cinq ans, des jeunes gens capables d'être contre-maîtres, et d'autres aptes à conduire un navire en vue des côtes, c'est-à-dire d'être maîtres au cabotage. Il est vrai de dire que ces cinq ans ne devaient commencer que quand les ateliers définitifs seraient installés, ce qui mettait environ six ans et demi devant nous. Je fis même inaugurer ces écoles avant mon départ pour la France, à la fin de 1866. Je suis heureux de constater que notre programme pourra être rempli, grâce à l'intelligence des élèves qui nous ont été fournis par les autorités chinoises, et surtout aussi au zèle et à la bonne volonté de leurs professeurs. Les écoles sont divisées en deux grandes sections : celles qui se rapportent à la construction, et dont les cours se font en français; celles qui se rapportent à la navigation et dont les cours se font en anglais. Les Chinois ont exigé cette dernière langue pour les études de la navigation, parce qu'elle est la langue maritime, la langue du commerce à l'étranger, et que, malheureusement, hélas ! le français est fort peu parlé dans leurs mers.

Les écoles de construction sont de trois sortes : l'école supérieure qui comprend 50 élèves. Ceux-ci suivent le programme des écoles de maistrance de nos ports militaires : les plus avancés ont fini l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie, la géométrie descriptive, la physique, et terminent, en ce moment, le cours de mécanique. Depuis le commencement de l'année 1871, ils allaient une demi-journée dans les ateliers, et y travaillaient manuellement : maintenant ils y passent toute la journée, sauf deux heures le matin consacrées à leurs cours.

L'école du dessin, composée de 30 élèves qui, outre la pratique de leur métier, reçoivent des éléments d'arithmétique, de géométrie et de géométrie descriptive. Il ne sont pas, bien entendu, à même de créer un plan, mais peuvent relever sur place telle machine qu'on leur désigne, et en livrer le dessin exact; ils ont fait seuls les plans que j'ai apportés devant vous,

Enfin les écoles d'apprentis, composées de 130 jeunes gens qui travaillent toute la journée dans les ateliers, et ont deux cours journaliers : l'un, deux heures avant la sortie des travaux ; l'autre, de sept heures et demie à neuf heures du soir. Leur enseignement consiste en un peu d'arithmétique, de géométrie, de géométrie descriptive et de dessin ; presque tous ces élèves ont déjà pu passer ouvriers. Leurs professeurs sont des ouvriers européens qui reçoivent une solde supplémentaire pour ce surcroît de travail,

L'école de navigation, proprement dite, se compose de 65 élèves, dont la moitié a déjà fini le cours théorique de la navigation et, après un examen passé devant une commission présidée par un officier supérieur anglais étranger à l'arsenal, a pu être envoyée à bord d'un navire école où elle est déjà depuis six mois. Dans dix-huit mois, environ, ces derniers jeunes gens seront reçus officiers de marine ; au point de vue de l'instruction, ils pourraient alors être admis comme tels sur les navires de guerre de n'importe quel pays. Venant, pour la plupart, de familles lettrées, ils ne songeaient guères, il y a quelques années, qu'ils étaient destinés au métier de la mer ; je viens même d'apprendre que l'un d'eux a préféré se noyer que rester à bord. Les autres heureusement ont pris leur parti de leur carrière nouvelle, et leurs progrès sont très-satisfaisants.

L'école des mécaniciens comprend 25 élèves ; pour les recruter, nous avons pris des jeunes gens intelligents employés depuis sept à huit ans déjà dans de petites usines de Hong-kong et de Shang-haï. Nous leur enseignons l'arithmétique, la géométrie, un peu de géométrie descriptive, du dessin ; puis ils sont mis en sous-ordre à bord des navires, pour s'y former à la pratique de leur métier. Les éléments de ces deux écoles fourniront aux steamers de l'arsenal, dans deux ans environ, des cadres sérieux ; pour le moment, ces steamers sont commandés par des pilotes chinois, bien au courant de la côte, et ont comme mécaniciens des chauffeurs chinois qui avaient déjà servi à la conduite des machines une dizaine d'années au moins, sous la direction d'Européens. Comme nos steamers n'ont été affectés, jusqu'ici, qu'à une navigation côtière, ces gens se sont montrés suffisants pour le service qu'on leur demandait.

ADMINISTRATION ET DIRECTION. — L'administration de l'arsenal est mixte ; les Chinois sont chargés de la discipline, de la paye de leurs hommes, et, dans les ateliers, du contrôle des matières qui entrent et sortent ; la direction des travaux et de l'instruction appartient aux Européens. Nous avons eu à nous féliciter d'avoir laissé aux Chinois une large part dans le fonctionnement de l'entreprise ; leur amour-propre y a trouvé un stimulant qui nous a valu, de leur part, l'assistance la plus précieuse. Comme le vice-roi Tso a dû quitter Fou-Tchéou pour une autre destination, quand l'arsenal était à peine ébauché, le gouvernement chinois a

délégué, pour continuer son œuvre, un commissaire impérial du rang de gouverneur de province. Ce mandarin s'appelle Shenn : c'est un homme remarquable par son énergie, sa force de volonté et l'autorité avec laquelle il sait se faire obéir. Il est membre d'un haut comité de surveillance composé du vice-roi résidant à Fou-Tchéou, du gouverneur de la province, et du maréchal commandant en chef les troupes tartares. Il a près de lui un comité consultatif composé de hauts mandarins. Une centaines de mandarins subalternes et de notables du pays a charge, sous sa direction, de la partie spéciale de la comptabilité, de la discipline et du contrôle qui revient aux Chinois.

La direction européenne est entre les mains d'un directeur français, secondé par tout un personnel de professions diverses. Il y avait, au début, deux directeurs, un premier et un second, qui suivirent ensemble la création et la fondation de l'arsenal ; mais, pour des raisons qu'il est inutile d'énumérer ici, le second directeur demanda bientôt à être détaché à un autre service indépendant des travaux de l'arsenal, dans lequel il est resté depuis lors.

PERSONNEL. — Le personnel chinois se compose de 500 ouvriers à bois, charpentiers, menuisiers, modeleurs, payés, en moyenne, 1 fr. 75 cent. par jour ; de 600 ouvriers à fer qui touchent également la même paye journalière. Dans chacune de ces deux catégories, il y a des contremaîtres payés deux cents et trois cents francs par mois. Le personnel comprend encore 130 apprentis payés 1 fr. 10 cent. par jour, 300 élèves dans les écoles, 500 manœuvres, 500 soldats employés à la garde de l'arsenal, et aussi à des corvées de terrassements et de transports ; enfin 130 personnes dans l'état-major des mandarins et des surveillants de toutes sortes. C'est en tout 2 600 hommes.

Le personnel européen, tant celui des bureaux que celui des ateliers, se compose de 75 personnes ; en y ajoutant les femmes et les enfants 85. Ce personnel comprend : un directeur, des ingénieurs, des professeurs, des secrétaires, des interprètes, des contre-maîtres, des ouvriers et des surnuméraires. Les ouvriers sont payés 570 francs par mois ; les contremaîtres le double.

CONCLUSION. — Tels sont, Messieurs, les éléments dont est formée l'entreprise de Fou-Tchéou. Elle a donné naissance à une petite colonie industrielle française dont les efforts, je dois le dire en justice pour mon personnel, ont été assez énergiques et assez vaillants pour que les Chinois n'aient pas à regretter de s'être, dans cette circonstance, adressé à vos compatriotes.

Notre pays peut, je le crois, en retirer quelques fruits : la direction des travaux de l'arsenal étant toute française, les chefs chinois sont à même d'apprécier nos méthodes de travail et nos procédés de fabrica-

tion. Les ateliers ont été organisés avec des machines-outils venant de France, et l'arsenal entretient avec notre industrie des relations d'affaires suivies. L'instruction industrielle donnée aux élèves et aux apprentis étant également française, ceux-ci jetteront tout naturellement les yeux sur la France, lorsque les progrès réalisés en Chine leur feront désirer de sortir du cercle borné dans lequel ils sont encore restreints. Enfin les Chinois ont pu se convaincre, et la bonne harmonie qui règne entre eux et nous en est un exemple, que notre caractère peut facilement sympathiser avec le leur et que le Français n'est pas du tout cet être batailleur et agressif qu'on a longtemps essayé de faire de lui, ce qui ne lui a pas porté bonheur; mais bien un esprit conciliant, loyal, désireux de remplir ses engagements, et ayant, si je puis me servir d'une expression vulgaire qui rend bien ma pensée, ces qualités de bon enfant qui donnent un charme particulier au commerce qu'on entretient avec lui.

DIFFICULTÉS SURMONTÉES. — Nous n'avons pas été, comme vous devez le penser, sans rencontrer des difficultés de plus d'une sorte, pour arriver aux résultats, tout modestes qu'ils sont, que nous avons obtenus. Comme difficultés pratiques, nous avons eu à nous fixer sur un terrain d'alluvion formé d'une épaisse couche de vase solidifiée couvrant des couches d'argile presque liquide, peu favorable, par suite, aux constructions. Celles-ci ont dû toutes reposer sur des pilots rapprochés; l'arsenal en a absorbé près de 5 000.

Nous avons dû aussi, comme je l'ai dit plus haut, remblayer de [illegible] de hauteur la rizière qui a servi d'emplacement à notre établissement. Les grandes crues du fleuve venant fouiller ces couches peu solides de terres rapportées, que nous n'avions pas encore eu le temps d'arrêter par des quais, nous enlevaient notre berge par morceaux de 100 mètres; la construction d'un petit épi a été nécessaire pour protéger notre terrain. Mais des avantages divers de situation, de voisinage rapproché de la ville, de facilité pour accoster les navires, nous ont engagés à nous fixer là, malgré les inconvénients dont je viens de parler. Considérez aussi que nous avons eu à débuter dans un port auquel la construction navale était totalement inconnue, et qu'il a fallu mettre de suite à l'œuvre des ouvriers tout à fait ignorants de ce qu'on venait leur enseigner, et dont le personnel européen ne comprenait pas la langue.

Les difficultés morales n'ont pas non plus manqué, et vous, Messieurs, qui, pour la plupart, avez à diriger du personnel, comprendrez mieux que d'autres qu'on ne peut pas amener d'Europe 85 personnes, les forcer à marcher en bon accord avec une race qu'elles sont disposées à regarder comme inférieure à la leur, sans qu'il ne se produise de tiraillements. Une entreprise qui débute a toujours à côté d'elle, et surtout à l'étranger où les vilenies sont moins en vue, des parasites qui veulent l'absorber et des malveillants qui cherchent à la détruire. [illegible]

aurais long à vous raconter là-dessus; mais à quoi bon penser aux mauvais jours, lorsque le ciel s'est éclairci! A quoi bon regarder en arrière et penser aux obstacles, lorsque devant soi l'horizon est libre et invite à marcher en avant! L'œuvre de Fou-Tchéou est en bonne voie, les éléments nuisibles qui pouvaient l'entraver en ont été écartés, Européens et Chinois sont ardents à la faire réussir; j'aime mieux donc, Messieurs, n'envisager que son avenir et je la signale avec pleine confiance à la sympathie bienveillante de votre Société.

NOTE

SUR LA

PRODUCTION INDUSTRIELLE DU GAZ OXYGÈNE

par le procédé de M. Teissié du Motay

PAR M. **POURCEL**,
Ingénieur des Aciéries de Terre-Noire.

La fabrication industrielle du gaz oxygène est basée sur la propriété que possède le bioxyde de manganèse, mélangé avec de la potasse ou la soude, en proportion suffisante pour former un manganate alcalin, de se suroxyder au contact de l'air, à la température du rouge sombre, et de rendre, à la même température, tout l'oxygène absorbé, quand on fait agir un courant de vapeur d'eau surchauffée et bien sèche.

M. Teissié du Motay, qui a donné à ce principe une application industrielle, emploie le manganate de soude qu'il dispose dans des cornues en fonte de section ellipsoïdale, placées horizontalement et divisées parallèlement à leur axe, en deux compartiments inégaux par une grille en fonte.

La cornue type adoptée contient 350 kilog. environ de manganate qui forment sur la grille une couche de 0^{m},60 d'épaisseur.

Les vides laissés au-dessus et au-dessous du réactif sont les plus faibles possible.

Une cornue donne un peu moins de 30^{m3} d'oxygène en 24 heures; à Comines, près Lille, où ont été faits les premiers essais de cette fabrication, un appareil composé de cinq cornues a produit, en 24 heures, [illegible] d'oxygène avec une consommation totale de 600 kilog. de houille: 450 kilog. pour le chauffage de la cornue et la surchauffe de la vapeur et de l'air, plus 150 kilog. pour la production de la force motrice.

A l'usine de Pantin, on obtient le même chiffre de production par cornue, 30^{m3} environ d'oxygène; mais la consommation totale de houille est supérieure parce que les appareils qui engendrent la vapeur et soufflent l'air, ayant été construits pour une production d'oxygène triple de ce qu'elle est aujourd'hui, ont les deux tiers de leur effet utile perdu

L'air est admis dans la cornue, où il se détend, à une pression de 3 à $4^c/_m$ de mercure. Sur le parcours de la machine soufflante à la cornue, il se dépouille de son acide carbonique en traversant un cylindre en tôle, renfermant de la chaux caustique.

Dans la marche pratique de fabrication adoptée à l'usine de Pantin après de longs tâtonnements, on fait passer l'air et la vapeur d'eau alternativement de 5 en 5 minutes.

MISE EN MARCHE DE L'OPÉRATION. — L'atmosphère de la cornue étant faite d'air sec et dépouillé d'acide carbonique, on élève la température jusqu'au rouge sombre. Un regard pratiqué en avant de la cornue, et fermé avec un bouchon en fer, permet à l'opérateur de juger de la température de l'intérieur de la cornue. C'est lorsqu'elle lui paraît convenable, que l'air est introduit sous-pression au-dessus de la grille où il se détend et traverse le mélange alcalin, abandonnant le cinquième en poids de son oxygène. Pratiquement, il faut 10 d'air pour 1 d'oxygène. Le résidu se dégage librement dans l'atmosphère par un tube en fer qui met en communication avec l'extérieur le vide intérieur de la cornue.

PRODUCTION INTERMITTENTE DU GAZ OXYGÈNE. — Quand le mélange est saturé d'oxygène, lorsque le manganate est formé, commence la production intermittente du gaz oxygène.

Au moyen d'un robinet à trois tubulures placé sur la jonction des deux tuyaux qui amènent, l'un la vapeur d'eau, et l'autre l'air, on interrompt l'arrivée de l'air, tandis qu'on livre passage à la vapeur d'eau séchée et surchauffée, qui se détend en entrant dans la cornue, traverse la masse de manganate et agit par entraînement pour lui enlever son oxigène. Pour parler un langage plus scientifique, j'expliquerai la réaction du manganate alcalin au contact de la vapeur d'eau autrement que par un fait d'entraînement.

La vapeur d'eau agit comme un acide en neutralisant une partie de l'alcali, et l'acide manganique libre est décomposé par la chaleur en donnant naissance à du péroxyde de manganèse et à de l'acide permanganique. Mais l'acide permanganique n'étant pas stable, se décompose à son tour en donnant naissance à l'oxigène qui se dégage.

L'équation est :

$$3\,Mn\,O^3 = Mn^2\,O^7 + Mn\,O^2$$
$$Mn^2\,O^7 = 2\,Mn\,O^3 + O$$

Par le fait, trois équivalents de manganate fournissent un équivalent d'oxigène.

En même temps, ou du moins une demi-minute après, on ferme la communication du vide inférieur de la cornue avec l'atmosphère, tandis que, par la même manœuvre, au moyen d'un robinet à trois tubulures, on

le fait communiquer avec le gazomètre qui emmagasine l'oxygène. Sur le parcours de la cornue au gazomètre, la vapeur d'eau est condensée.

CONDENSATION DE LA VAPEUR. — L'appareil de condensation est simple : c'est un cylindre en tôle vertical, dans lequel le mélange de vapeur d'eau et d'oxygène arrive par la partie inférieure, tandis que de la partie supérieure tombe, d'une pomme d'arrosoir, une pluie fine d'eau fraîche.

La vapeur d'eau est condensée, et l'eau qui s'élève peu à peu dans l'appareil en chasse l'oxygène qui se rend sous une pression de 8 à [illegible] d'eau au gazomètre.

MARCHE DE L'OPÉRATION. — La vapeur d'eau agit pendant cinq minutes sur le manganate et fournit de l'oxygène pendant ce temps-là ; [illegible] c'est au tour de l'air d'agir pendant cinq minutes pour régénérer la matière, et ainsi de suite, en alternant les courants de cinq en cinq minutes pendant six heures environ, après lesquelles on est obligé d'admettre l'air pendant une heure pour reformer le manganate décomposé en partie, attendu que la quantité d'oxygène enlevée pendant la période de passage de la vapeur est supérieure à celle qui est absorbée pendant la période de même durée du passage de l'air.

Lorsque le manganate est reformé, on poursuit l'opération comme devant.

Pour simplifier la manœuvre des robinets et diminuer la main-d'œuvre, on va installer à Pantin des appareils automoteurs qui [illegible] ront le changement de courants de vapeur et d'air à intervalles [illegible] Ces appareils conçus par M. Teissié, fonctionnent déjà à l'usine à oxygène de Vienne (Autriche).

L'expérience a prouvé que l'on avait intérêt à marcher ainsi que [illegible] l'indique, puisque pendant les premiers renversements de courants [illegible] et de vapeur, la quantité d'oxygène fournie étant représentée par [illegible] après 5 ou 6 heures de marche, elle devient 1,5 et même 1.

PURGE DE L'APPAREIL. — J'ai dit, plus haut, que, lorsque la vapeur d'eau est admise dans la cornue, on n'interrompait qu'une demi-[illegible] après la communication du vide inférieur de la cornue avec l'atmosphère ; on agit ainsi afin de balayer des vides — ou espaces nuisibles — toute trace d'azote, et la proportion de ce gaz en mélange avec l'oxygène obtenu sera d'autant plus faible que l'on prolongera davantage la durée de la *purge*. Deux essais de gaz faits devant mes yeux, à l'usine de Pantin, ont donné l'un 7 p. 100 d'azote et l'autre 4 p. 100. Il est donc possible d'obtenir de l'oxygène à peu près exempt d'azote.

D'ailleurs, comme on perd ainsi une quantité assez notable d'oxygène, tout en faisant en sorte de diminuer les espaces nuisibles, en disposant les cornues de manière que le grand axe de l'ellipse soit per[illegible]

diculaire au plan horizontal, et en augmentant la différence des axes de l'ellipse, on ne fait qu'une purge suffisante seulement pour donner un mélange de gaz oxygène et azote qui ne renferme pas au delà de 15 °/₀ d'azote. Dans ces conditions, l'oxygène donne au gaz d'éclairage un pouvoir éclairant encore très-grand.

ESSAI DU GAZ FABRIQUÉ. — DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ D'AZOTE MÉLANGÉE. — Pour s'assurer, pendant la fabrication, qu'on reste entre les limites de 15 p. 100 au maximum et 10 p. 100 au minimum de mélange d'azote, on fait, soit au gazomètre, soit au condenseur, des prises de gaz au moyen de petites éprouvettes graduées.

On fait absorber l'oxygène par quelques grammes de potasse caustique et d'acide pyrogallique, poids égaux, et une lecture faite avant et une après l'absorption de l'oxygène donne la quantité d'azote contenue dans le mélange.

Ces essais sont rapides et donnent des résultats précis même entre des mains peu expérimentées.

SURCHAUFFE DE L'AIR ET DE LA VAPEUR D'EAU EMPLOYÉS DANS LA FABRICATION DE L'OXYGÈNE. — L'air et la vapeur d'eau qu'on fait agir alternativement sur le manganate sont portés, au préalable, à la température de 300° environ, afin de les employer l'un et l'autre très-secs. Cette précaution est indispensable pour une bonne marche qui est le résultat du maintien constant de la température du *rouge apparent* dans la cornue. Tout refroidissement diminue le rendement; c'est pourquoi, à l'usine de Pantin, où chaque groupe d'appareils est formé de dix cornues, deux d'entre elles, garnies de pierre ponce, sont employées à surchauffer l'air et la vapeur. Cette modification est toute récente. Avant, on ne chauffait point l'air, la vapeur seule était séchée avant d'être admise dans les cornues. Aujourd'hui, la vapeur sortant de son générateur est non-seulement séchée mais surchauffée.

PRÉPARATION DU MANGANATE DE SOUDE A L'USINE DE COMINES. — Le manganate de soude qui doit servir à la fabrication de l'oxygène se prépare, à l'usine de Comines, en mettant dans les cornues qui servent en temps ordinaire à la fabrication de l'oxygène un mélange composé de :

1 équivalent de soude de NaO;
1 équivalent de bioxyde de manganèse, MnO^2;
plus $\frac{1}{5}$ d'équivalent de CuO,

qu'on chauffe au rouge cerise dans un courant d'air sec.

Le bioxyde de manganèse est extrait d'un chlorure traité par le car-

bonate de chaux, la chaux et l'air, suivant les méthodes connues; il est à peu près pur.

L'oxyde de cuivre qu'on ajoute ne sert qu'à diviser la matière, à la rendre plus perméable à l'air et à la vapeur, et ne réagit point chimiquement sur elle. Peut-être, sous l'influence de la vapeur d'eau à haute température, cède-t-il aussi la moitié de son oxygène qu'il reprend ensuite sous l'influence de l'air, ce qui justifierait davantage son choix comme matière inerte.

L'usine de Pantin achète à celle de Comines, bénéfices réservés, le manganate de soude au prix de *deux francs le kilogramme*.

REVIVIFICATION DU MANGANATE DE SOUDE. — A première vue, ce prix élevé de la matière première paraît devoir grever la fabrication de l'oxygène, et cependant il n'en est rien si l'on considère qu'un poids donné de ce réactif peut servir presque indéfiniment sans perte sensible.

En effet, dans une fabrication continue, le manganate ne s'altère pas quand on a la précaution de purger l'air insufflé dans les cornues de toute trace d'acide carbonique; et si, dans un arrêt forcé d'un groupe de cornues, le manganate longtemps exposé à l'air libre absorbe l'acide carbonique qui déplace une partie de la soude, il suffit, pour l'en débarrasser, de faire traverser sa masse, portée au rouge, par un courant de vapeur d'eau portée à une haute température[1].

Le temps pendant lequel il faut faire agir le courant de vapeur dépend nécessairement de la quantité d'acide carbonique à enlever. L'opérateur s'assure qu'il n'en reste plus trace quand la vapeur qui sort de la cornue ne trouble plus l'eau de chaux ou de baryte.

Pour remettre en marche la fabrication, on chauffe au rouge cerise sous l'action de l'air pour reconstituer le manganate dans toute la masse.

FOURS DE PANTIN. — La disposition des fours sur lesquels reposent les cornues permet de conduire le feu de manière à régler la température. Elle est analogue à celle des fours Boëtius, modifiée en quelque partie.

On dispose sur la grille une hauteur de houille de 40 c/m environ qui distille complétement avant d'être brûlée.

La foyère, en effet, est hermétiquement fermée par de la houille fraîche et menue, de telle sorte que l'oxygène de l'air qui pénètre

1. Les cornues s'usent du dedans au dehors par oxydation. Elles s'amincissent, et leur épaisseur, variable en différents points, ne permettant plus à la chaleur de se répartir d'une manière uniforme dans les parois, il se forme en plusieurs points des ampoules qui obligent à mettre hors la cornue.

La durée moyenne des cornues est d'une année.

le dessous de la grille est complétement transformé en oxyde de carbone, lequel sort au-dessus du foyer en mélange avec les hydrogènes carbonés provenant de la distillation de la houille. Là, ces gaz sont brûlés par de l'air chaud introduit au moyen de carneaux latéraux chauffés par le voisinage du foyer, et la flamme produite, après avoir léché la surface extérieure des cornues et cédé toute sa chaleur — c'est du moins le désidératum — se rend dans un conduit qui communique avec l'atmosphère.

Ainsi, la quantité de chaleur produite, dépendant de la quantité de gaz brûlée, il est facile de régler la température en ouvrant plus ou moins les carneaux qui donnent accès à l'air.

ABSORPTION DE L'AZOTE PRODUIT DANS LA FABRICATION DE L'OXYGÈNE PAR L'AZOTURE DE TITANE Ti^5Az^3.

Cet azote est pris comme base d'une fabrication de gaz ammoniaque[1].

L'azote est d'abord dépouillé de l'oxygène qui l'accompagné; car j'ai dit plus haut que l'air n'abandonnait, en traversant le manganate de soude, que le cinquième de son oxygène. A cet effet, on le fait passer sur de l'éponge de fer portée au rouge, où tout l'oxygène est absorbé, et on a de l'oxyde de fer et de l'azote. Mais le renouvellement continuel de cette éponge de fer élèverait le prix de l'opération; alors, pour éviter cet inconvénient, quand on suppose tout le fer oxydé, on dirige le mélange d'azote et d'oxygène dans une deuxième cornue renfermant du coke poreux porté au rouge. Il se produit de l'oxyde de carbone et de l'azote que l'on dirige dans la cornue renfermant l'éponge de fer oxydée; l'oxyde de carbone la réduit à l'état de fer et le mélange de gaz qui sort de ce milieu peut agir directement sur l'azoture de titane, si l'on ne veut faire absorber au préalable l'acide carbonique : ce qui, je le crois, doit être préférable, parce que, sous l'action de la chaleur, l'acide carbonique est un oxydant énergique qui pourrait agir sur l'azoture. L'éponge de fer sert de réducteur à nouveau, et ainsi de suite.

Le principe du nouveau procédé de fabrication d'ammoniaque, vérifié par de nombreuses expériences faites au laboratoire de Comines, auxquelles j'ai pris part, est celui-ci.

Quand on fait passer un courant d'hydrogène sur un azoture de

1. C'est une idée nouvelle de M. Teissié, qui a reçu sa consécration scientifique et qui est près de recevoir sa consécration pratique.

titane $Ti\,Az$ ou Ti^3Az^2, la température étant celle du rouge faible, il se forme de l'ammoniaque. La quantité de ce gaz fournie diminue à mesure que l'on prolonge l'action de l'hydrogène. Premier fait.

Si l'on cesse le courant d'hydrogène et qu'on lui substitue un courant d'azote pendant quelques minutes, la température restant la même, il se reforme un des azotures ou, plutôt, un mélange des deux; et lorsqu'on fait agir à nouveau le gaz hydrogène, il se dégage de l'ammoniaque en abondance. Second fait.

Par conséquent, un des azotures $Az\,Ti$, ou $Az^2\,Ti^3$ étant donné, se réduira partiellement sous l'action de l'hydrogène en donnant naissance à de l'ammoniaque, et repassera à l'un de ces deux états sous l'action de l'azote plus ou moins prolongée.

On admet comme les plus possibles, en intervertissant par courts intervalles les actions de l'H et de l'Az, les réactions exprimées par l'équation suivante :

$$5Ti^3Az^2 + 3H = 3Ti^5Az^3 + AzH^3.$$

L'azoture Ti^5Az^3, sous l'action de l'azote, repasse à l'état de T... peut-être avec un mélange de $Ti\,Az$, ainsi que je l'ai dit plus haut.

M. Teissié croît pouvoir arriver à réduire complétement l'azoture $Ti^5\,Az^3$ en prolongeant l'action d'hydrogène.

Ce fait a une importance purement scientifique.

Dans cette nouvelle fabrication de l'ammoniaque, la même quantité de réactif paraît devoir servir indéfiniment, de même que le manganate de soude dans la fabrication de l'oxygène, traité dans des cornues ... tiques, alternativement par l'azote et l'hydrogène, à des intervalles de temps correspondant à ceux des passages de l'air et de la vapeur ... sur le manganate.

PRÉPARATION INDUSTRIELLE DE L'AZOTURE DE TITANE. — On traite à l'usine de Comines un fer titané de Suède contenant jusqu'à 35 p. % de titane métallique. Le fer titané, difficilement attaquable par les acides, même quand il est très-finement porphyrisé, se dissout au contraire dans l'acide chlorhydrique étendu, une fois réduit par le charbon : l'oxyde de fer étant réduit presque en totalité, et l'acide titanique à l'état de ... toxyde de titane et de titane. Traité par l'acide chlorydrique, tout le fer est dissous à l'état de chlorure, tandis qu'il se fait un précipité de ... toxyde de titane qui passe bientôt, sous l'action de l'air, à l'état d'oxyde bleu, puis à l'état d'acide titanique. Cet acide est débarrassé de toute trace de fer au moyen de lavages, mais on ne se préoccupe pas de la silice entraînée. Traité par le charbon en vase clos, au rouge cerise, l'acide titanique est réduit en quelques heures. Faisant, après réduction ...

agir un courant d'azote, il se forme un azoture de titane qui sert de point de départ à la fabrication.

Ce traitement doit amener nécessairement un prix de revient élevé de l'azoture de titane, bien que le minerai qui sert de base soit très-riche en titane et coûte peu, 35 fr. la tonne à Comines; mais le produit qui en résulte étant inaltérable, l'intérêt seul de son prix doit figurer dans le prix de revient de l'ammoniaque comme une somme très-faible.

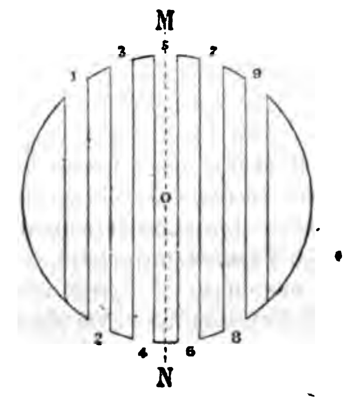
Par conséquent, la discussion économique de ce procédé de fabrication de l'ammoniaque, les frais d'installation étant réservés et le prix de vente de l'oxygène produit parallèlement venant en déduction, doit porter uniquement sur le prix de revient de l'hydrogène employé.

FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'HYDROGÈNE PUR. — M. Teissié produit l'hydrogène dans un appareil auquel il a donné le nom de gazogène universel, parce qu'il permet de fabriquer à volonté de l'oxyde de carbone, des hydrogènes carbonés ou de l'hydrogène.

C'est un cylindre en tôle vertical, de $1^m,50$ environ de diamètre intérieur, haut de 4^m, et garni d'un revêtement intérieur réfractaire.

Les gaz comburants, air ou vapeur d'eau, sont admis à la partie inférieure par des ouvertures cylindriques de 20 $^c/_m$ environ de diamètre, conduits par un tuyau-mère en fer qui fait ceinture à l'appareil et les distribue à chaque ouverture au moyen de tubes en fer de 35 à 30 $^m/_m$ de diamètre intérieur.

Les carneaux où débouchent les ouvertures cylindriques qui traversent la paroi de l'appareil sont disposés comme le représente la figure ci-contre, ouverts en nombre pair d'un côté et impair de l'autre,



Coupe géométrique au niveau des carneaux.

ayant tous leurs axes dans des plans parallèles à un plan médian MN. Ils servent à décrasser facilement l'appareil, ainsi qu'aux gaz combu-

rants à se détendre et à pénétrer la masse de combustible sous une pression uniforme et par tous les points de sa base.

Les gaz combustibles produits sont pris à la partie supérieure du gazogène, au moyen de deux tuyaux en tôle de 30 c/m de diamètre environ, qui mettent le gazogène en communication avec deux gazomètres simultanément ou séparément, à volonté, en manœuvrant une vanne placée sur chacun des conduits.

MARCHE DE L'APPAREIL. — L'appareil est garni de coke jusqu'à une hauteur de deux mètres environ; ce coke étant en ignition, on souffle de l'air à une pression de quelques centimètres d'eau, de manière à activer la combustion. J'ai observé que la pression du vent était, au ventilateur, de 3c/m de mercure : je la suppose, à l'entrée de l'appareil de 15 à 20c/m d'eau, au moins. Quand tout le combustible est bien enflammé, on le recouvre d'une couche de 1m environ de coke frais, et l'on bouche l'appareil. Le bouchon est une cloche en tôle, manœuvrée par un levier pivotant sur son point d'appui, et dont les bords plongent dans une bâche annulaire pleine d'eau.

C'est en petit la fermeture hydraulique employée encore pour les gueulards des hauts fourneaux.

L'appareil étant bouché, on commence à produire de l'hydrogène, en soufflant, au lieu d'air, de la vapeur d'eau séchée et surchauffée : ce qui se fait en manœuvrant un robinet à trois ouvertures placé à la jonction des deux tuyaux qui amènent l'air et la vapeur d'eau sur le tuyau-[illegible] qui fait le tour de l'appareil.

La vapeur d'eau est décomposée et donne naissance à de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone qui sont recueillis dans un gazomètre mis en relation avec le gazogène *une minute* après que l'on a commencé à souffler la vapeur d'eau.

En effet, si l'on ne veut avoir aucune trace d'azote dans le mélange de H et C O, on doit au préalable en purger l'appareil.

Après un passage d'un quart d'heure de la vapeur d'eau, la température baisse dans l'appareil, et il y aurait à craindre, en prolongeant son action, qu'elle ne soit plus décomposée en totalité; c'est pourquoi il est nécessaire de souffler de l'air pour réactiver la combustion [1].

On manœuvre le robinet à trois tubulures pour admettre l'air et interrompre l'arrivée de la vapeur dans l'appareil. C'est alors de l'oxyde de carbone en mélange avec de l'azote que l'on produit. Ces gaz sont recueillis dans un second gazomètre que l'on met en relation avec le gazogène en même temps que l'on manœuvre le robinet qui gouverne l'a-

1. Pendant les premières minutes où la vapeur d'eau agit, j'ai vu le gazomètre se remplir à raison de 4^{m3} à la minute. Vers la fin, après dix minutes de passage, il ne se remplit plus que de 3^{m3} environ à la minute et même moins.

rivée de l'air et la vapeur d'eau, et au moment même où l'air est soufflé, car il est inutile, dans ce renversement, de purger l'appareil de l'hydrogène qu'il contient.

L'air est soufflé pendant 20 minutes ou une demi-heure, et l'on fait agir ensuite la vapeur d'eau pendant un quart d'heure, et successivement, pendant tout le temps que dure l'opération.

Pendant le chargement de l'appareil, qui se fait toutes les deux heures, on décrasse les carneaux. C'est un temps d'arrêt de dix minutes à un quart d'heure que l'on évitera en adaptant au gazogène un appareil de chargement continu, semblable, par exemple, à celui qui fonctionne sur les générateurs Siémens, et en faisant aspirer les gaz pendant que l'ouvrier débarrassera les cendres des carneaux.

SÉPARATION DE L'HYDROGÈNE ET DE L'OXYDE DE CARBONE. — L'hydrogène devant réagir sur l'azoture de titane doit être séparé de l'oxyde de carbone qui l'accompagne. On y arrive en faisant passer le mélange dans une cornue renfermant de la chaux hydratée à la température du rouge sombre.

L'oxyde de carbone est absorbé et remplacé par son volume d'hydrogène.

L'équation qui résume la réaction est la suivante :

$$CaO + HO + CO = CaO, CO^2 + H.$$

On compte avec le mélange d'oxyde de carbone et d'azote produit dans l'opération, non-seulement sécher et surchauffer la vapeur, comme on l'a pratiqué déjà, mais encore la produire et l'utiliser pour toute la force motrice à produire, et chauffer aussi les cornues qui contiennent l'hydrate de chaux et l'azoture de titane [1].

1. Voici, rapportées, les deux expériences que j'ai faites avec M. Regnard, ingénieur de l'usine de Comines :

1° 31 janvier 1872 (7 heures de marche).

Admettant une demi-heure l'air ;

un quart d'heure la vapeur d'eau ;

Deux décrassages ayant duré chacun 25 minutes :

500 kilos de coke, à 12 % de cendres, ont donné 510^{m3} de mélange H et CO.

Le mélange CO et Az n'a pas été recueilli.

2° 1er février 1872 (8 heures de marche). Mêmes conditions que dessus ;

Trois décrassages d'un quart d'heure.

Production : 630^{m3} de mélange H et CO avec 700 kilog. de même coke.

On peut se rapprocher sensiblement d'une production de 1^{m3} mélange H CO, soit 1^{m3} H après absorption de CO, pour 1 kilog. de coke à 5 % de cendres.

Il est fâcheux que l'on n'ait pu recueillir le mélange CO et Az. Le calcul, appliqué à la première expérience du 31 janvier, nous a conduits à une production de 1016^{m3} de mélange Az et CO contre une *production finale* de 510^{m3} de gaz hydrogène.

Telle est la série des procédés ingénieux qui se rapportent à la fabrication industrielle de l'oxygène.

Leur étude comprendrait un plus grand développement que celui que je leur ai donné dans cette note purement technique; mais n'ayant pas le loisir de le faire, je laisse ce travail à de plus autorisés que moi, m'estimant heureux si j'ai pu leur fournir ici quelques renseignements utiles.

ÉTUDE

SUR UN

CHEMIN DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

PAR M. CH. GOSCHLER.

La question des chemins de fer économiques est plus que jamais à l'ordre du jour. Mal comprise, elle donne lieu à des divergences de vues qui produisent souvent des résultats désastreux.

Il serait désirable que chacun des membres de la Société des ingénieurs civils, qui ont participé à la création ou à l'exploitation de ces chemins, voulût bien communiquer les documents qu'il possède sur la matière. Le pays, éclairé par nos discussions, y trouverait un enseignement précieux, un guide sûr dans le choix du système le plus convenable pour son dernier réseau des voies de transport.

Je détache d'une étude plus générale sur les chemins de fer économiques, que je soumettrai plus tard à la Société, les renseignements qui suivent, extraits d'une étude que j'ai faite en 1869 sur les conditions de construction et d'exploitation d'un chemin de fer d'intérêt local.

Ces pièces comprennent : 1° Un mémoire justificatif de l'entreprise ;

2° Un devis récapitulatif des frais de construction et d'exploitation ;

3° Un type de statuts pour la Société concessionnaire de ce chemin de fer.

CHAPITRE PREMIER.

Utilité publique du chemin de fer.

L'établissement d'un chemin de fer dans la vallée du Haut-Ornain, destiné à relier Gondrecourt et Ligny, par Nançois-le-Petit et Bar-le-Duc, à la ligne de Paris à Strasbourg, doit avoir pour but :

1° D'apporter plus d'économie et de rapidité dans la circulation des voyageurs et des marchandises existant actuellement dans la vallée;

2° De se prêter le mieux possible aux prolongements et raccordements dont l'État pourrait ultérieurement autoriser l'exécution.

L'utilité publique d'une entreprise de ce genre, lorsqu'elle est confiée à l'industrie particulière, doit se mesurer non-seulement par les avantages que le public étranger à l'entreprise peut en retirer, mais encore par les profits probables qu'une Compagnie concessionnaire est en droit d'attendre de l'exploitation de la ligne.

Nous allons examiner la question du chemin de fer de l'Ornain sous ces différents aspects, en suivant les faits dans leur ordre chronologique et en nous appuyant, d'une part, sur les études de l'avant-projet dressé par deux membres du corps des ponts et chaussées, MM. *** et, d'autre part, sur les indications puisées dans le rapport fait par M. *** à la Commission réunie en assemblée générale à Ligny, le 9 novembre 1868.

HISTORIQUE.

Commission syndicale d'études. — Le 3 septembre 1865, quelques jours après la promulgation de la loi sur les chemins de fer d'intérêt local, M. le Maire de Gondrecourt convoque les maires et notables habitants du canton de Gondrecourt à l'effet de constituer une Commission chargée de réunir les fonds nécessaires à l'étude d'un chemin de fer ayant pour but de relier Gondrecourt au réseau de la Compagnie de l'Est.

Conseil d'arrondissement de Bar-le-Duc. — Ce conseil, dans sa session de 1866, émet un vœu pour l'exécution des études et la réalisation du capital nécessaire à la construction du chemin de fer. — En 1867, il renouvelle les vœux précédemment exprimés.

Conseil général de la Meuse. — Dans sa session de 1866, sur la proposition de M. le Préfet, le conseil vote une subvention de 1500 francs pour aider à la confection des études réclamées. — En 1867, le conseil constate de nouveau l'utilité du chemin projeté. — En 1868, décision du conseil de contribuer aux dépenses de construction du chemin dans la proportion des souscriptions réalisées par les communes ou les particuliers intéressés.

Commission d'enquête. — Par arrêté de M. le Préfet, du 29 juillet 1868, une Commission d'enquête se réunit à Bar-le-Duc, le 18 août, et constate que 43 conseils municipaux ont déjà exprimé leur sympathie pour le chemin, et qu'une somme de 154,180 fr. 50 c., formant le premier noyau de la subvention promise par les communes intéressées, est déjà souscrite.

Haute Commission. — Par arrêté de M. le Préfet de la Meuse, en date du 20 octobre 1868, une Commission est instituée dans le but de provo-

quer de plus larges souscriptions de la part des communes, des industriels et des propriétaires intéressés, et de rechercher dans quelle proportion chacun d'eux pourrait être appelé à contribuer aux dépenses du chemin dont il s'agit. Cette Commission se réunit le 9 novembre 1868 à Ligny sous la présidence de M. ***, assisté de MM. ***. — Dans cette séance, M. *** fait ressortir, dans un rapport complet sur la situation de l'affaire, tous les avantages que le pays doit retirer de la création du chemin de fer, et MM. les ingénieurs développent le résultat des études de l'avant-projet qu'ils ont effectuées. — A la suite de ces différentes communications, la réunion nomme une sous-commission chargée de préparer les éléments de la souscription à demander à chaque partie intéressée dans l'exécution du chemin de fer projeté. — C'est sur la demande de cette sous-commission que le présent exposé a été rédigé, dans le but de faire connaître aux divers intéressés l'état de la question, de rechercher les voies et moyens nécessaires à la mise en œuvre de l'entreprise et d'arriver à la constitution d'une Compagnie concessionnaire.

DES VOYAGEURS.

Les voyageurs transportés entre Bar-le-Duc et Gondrecourt, et qui sont appelés à profiter du chemin de fer de l'Ornain, ne sont pas seulement ceux qui s'arrêtent à Gondrecourt et aux différentes stations de la ligne, ou ceux appartenant aux points situés dans un rayon de 8 à 10 kilomètres des différentes localités; il faut encore y comprendre les voyageurs qui venant de Neufchâteau, d'Épinal, des Vosges et des vallées supérieures du Haut-Rhin, voudront se rendre à Paris par la ligne la plus courte. Il est probable, en effet, que le chemin de fer de l'Ornain, construit jusqu'à Gondrecourt, sera prolongé vers un point quelconque des lignes qui, de Neufchâteau, rayonnent sur Chaumont, Toul et Épinal, et qui ne sont distantes du terminus actuellement projeté que de quelques kilomètres. (Voir la carte, Pl. 32.)

Mais, pour ne compter que la circulation immédiatement réalisable, on peut supposer un mouvement équivalent à la moyenne de la circulation sur une ligne du réseau de l'Est qui se trouve dans les mêmes conditions que celle de l'Ornain. Nous voulons parler de la ligne de Blesme à Chaumont, longue de 90 kilomètres. Les 10 stations et haltes de cette section, — sans compter celles de Blesme et de Chaumont, qui à elles seules fournissent le tiers de la circulation totale, — ont donné une moyenne de 20,697 voyageurs expédiés en 1867, soit par kilomètre 2,300 voyageurs.

Appliqué à la ligne de l'Ornain, ce chiffre donnerait pour les 35 kilomètres à construire 80,500 voyageurs transportés annuellement, ou par jour 220 voyageurs. Ce chiffre nous paraît devoir être un minimum. En

effet, si l'on veut s'en rapporter à la moyenne des déplacements constatés dans toute la région de l'Est, on trouve, en exceptant les résultats des stations de Paris et de sa banlieue, que les 4,631,256 habitants des 12 départements desservis par le réseau, sans compter le département de la Seine, ont donné 11,146,447 voyageurs, soit environ 2,5 voyages par chaque habitant.

La zone d'activité de la nouvelle ligne s'étendant sur 90,000 hectares et la population du département étant en moyenne de

$$\frac{301{,}653 \text{ habit.}}{622{,}787 \text{ hect.}} = 0^{\text{habit}}\,5$$

par hectare, la population appelée à se servir du chemin de fer doit être de 45,000 habitants ; en leur appliquant la proportion de 2,5 voyages par habitant trouvée plus haut, on voit que la fréquentation de la nouvelle ligne sera de 112,500 voyageurs par année.

Pour la section de Blesme à Chaumont, la moyenne de la population étant de $\frac{259{,}096 \text{ habit.}}{621{,}968 \text{ hect.}} = 0^{\text{habit}}\,41$ par hectare pour la zone desservie par les 90 kilomètres considérés, nous aurions 180,000 hectares $\times$ 0,41 = 73,800 habitants, qui, se déplaçant 2,5 fois par an, donneraient 182,500 voyageurs ou par kilomètre 2,028 voyageurs, chiffre notablement inférieur à celui de 2,300 voyageurs indiqué plus haut.

Le nombre de 112,500 voyageurs paraît donc très-admissible pour le chemin de la vallée de l'Ornain.

Enfin, comme troisième mode de contrôle, le comptage de la circulation sur la route, effectué par les soins de l'administration des ponts et chaussées, a constaté que la fréquentation annuelle de la ligne serait de 867,485 voyageurs — kilomètres, soit, en divisant ce nombre par la moitié de la valeur du parcours total, de 50,000 voyageurs en nombre rond. Or, ce comptage ne porte pas sur les piétons, non plus que sur la circulation de centre en centre par les chemins de traverse. Si l'on multiplie ce chiffre par 1, 50, qui est le coefficient le plus faible que l'on puisse appliquer pour représenter l'accroissement de circulation dû à la présence d'un chemin de fer, on trouve pour nombre de voyageurs 75,000.

C'est ce dernier chiffre qui sert de base à l'évaluation des recettes (page 419).

DES MARCHANDISES.

Le transport des marchandises dans la vallée de l'Ornain s'effectue aujourd'hui : 1° par les messageries ; 2° par le roulage ordinaire ; 3° par le canal de la Marne au Rhin sur une partie du parcours.

Bien que cette dernière voie absorbe une grande partie des transports de houille et de minerais qui se consomment dans la localité ou s'expédient au dehors, la route de terre est très-chargée du trafic des matières qui ne forment pas un chargement de bateau complet ou qui ne peuvent pas subir les longs retards de la navigation. Pour donner une idée de l'importance de la contrée dans laquelle doit être tracé le chemin de fer, nous rappellerons qu'elle abonde en minerais d'excellente qualité, en pierres de construction, en bois, en céréales, en fruits, en vins, en bestiaux, en produits industriels de toute nature.

La contrée que nous considérons réunit donc par son trafic local toutes les conditions les plus favorables à l'établissement d'un chemin de fer.

Le tableau qui suit, page 114, donne, d'après les données relevées sur l'avant-projet déjà cité, un résumé du tonnage que les diverses stations de la ligne fourniront à la nouvelle voie, abstraction faite des transports par le canal, soit en totalité, sans compter les bestiaux, 71,325 tonnes de marchandises diverses, ou par kilomètre, en nombre rond, 2,040 tonnes.

Rapprochons ce mouvement du tonnage de la ligne de Blesme à Chaumont.

D'après les comptes publiés par la Compagnie, les différentes stations de cette section (non compris Blesme et Chaumont) ont expédié en 1867 256,208 tonnes en petite vitesse, soit 2,845 tonnes par kilomètre. L'évaluation directe est donc inférieure au mouvement de la section du réseau de l'Est, que nous avons prise pour terme de comparaison, et cependant la population de la Haute-Marne n'est que de $\frac{259{,}960 \text{ habit.}}{621{,}968 \text{ hect.}} = 0{,}41$ habit. par hectare.

Si nous cherchons à nous rendre compte du tonnage de marchandises comparativement à la population, nous trouverons que chaque habitant de la région de l'Est a donné lieu à un transport de :

$$\frac{6{,}996{,}086^{\text{T}}.780}{4{,}631{,}256} = 1^{\text{T}}.51 \text{ en } 1867.$$

Cette moyenne, appliquée à la partie du département que nous étudions, annonce que le chemin de fer aura à transporter $45{,}000^{\text{h}} \times 1^{\text{T}}50 =$ 67,000 tonnes, chiffre très-voisin du tonnage déterminé par le relevé direct. — Or, la localité en question dépasse de beaucoup l'activité industrielle et agricole de la moyenne de la région de l'Est; il est donc permis d'espérer que son trafic dépassera aussi le trafic moyen du réseau.

Tonnage probable classé par Station et par nature de marchandises.

TOTAUX par station.	STATIONS ET HALTES.	CHARBON de bois Houille Coke.	FONTE et Fer.	MINERAIS Pierre de taille Matériaux.	PLATRES et Ardoises	LIQUIDES	DENRÉES diverses.	GRAINS et Farines.	SEL.	ARTICLES divers.	BOIS.	BESTIAUX (têtes).
t. 4755	Gondrecourt................	t. 50	t. »	t. 200	75	200	250	2200	120	160	200	1300
36600	Abainville [1]................	18600	8400	9600	»	»	»	»	»	»	»	»
8500	Houdelaincourt...............	»	110	600	1000	»	120	3080	200	300	3000	200
2010	Demange....................	70	»	»	210	100	80	400	»	40	300	700
5354	Saint-Joire..................	10	4	4600	»	30	20	70	»	10	200	410
4405	La Neuville..................	1500	1200	1305	»	»	»	»	»	»	400	»
540	Treveray....................	5	15	»	30	200	65	130	»	45	»	50
245	Saint-Amand..............	»	»	»	»	»	40	30	»	»	175	»
5314	Naix........................	2	2	»	108	2050	22	450	»	»	175	2505
1806	Longeau....................	120	1106	200	»	30	»	20	»	»	»	330
7291	Ligny.......................	490	390	3800	520	100	565	60	700	666	»	»
76820	Tonnes............	20847	11227	20305	1943	2710	1162	6440	1020	1221	4150	5405

1. Transport de la gare d'Houdelaincourt aux forges.

DES PROLONGEMENTS ET EMBRANCHEMENTS DU CHEMIN DE FER DE L'ORNAIN.

Dans ce qui précède, nous n'avons envisagé que le mouvement spécial de Nançois-le-Petit à Gondrecourt; mais il y aurait peut-être lieu d'admettre comme fondée l'hypothèse, qu'une fois cette section construite, les trains pourraient prendre leur tête de ligne à Bar-le-Duc, chef-lieu du département, et qu'alors les relations de cette ville avec la vallée recevraient une extension d'une certaine importance. Aujourd'hui, par exemple, trois voitures publiques font le service des voyageurs entre Ligny et Bar-le-Duc ; or, Ligny n'est éloigné de Nançois-le-Petit, station du réseau de l'Est, que de 4 kilomètres, et malgré ce rapprochement, de nombreux voyageurs préfèrent la route de terre. Si les trains passaient directement de Ligny à Bar-le-Duc sans changement de véhicule, les services par route de terre disparaîtraient.

Mais il y a plus. Dans le courant de cette année, les lignes de Sédan à Lérouville, de Neufchâteau à Épinal, seront probablement concédées et construites dans un délai plus ou moins rapproché. En outre, l'État fait étudier les passages des Vosges pour mettre Épinal en communication directe avec le Haut-Rhin.

La ligne de Nançois à Gondrecourt établie, il ne resterait donc plus, pour créer la ligne la plus courte de la Belgique ou de Paris vers le Haut-Rhin et la Suisse et constituer une ligne stratégique de grande importance, qu'à construire une section de 15 kilomètres environ au delà de Gondrecourt.

Enfin, pour satisfaire les besoins de la riche vallée de la Saulx, parallèle à celle de l'Ornain, il sera créé tôt ou tard un embranchement partant de Nançois ou de Lérouville, se dirigeant vers la station d'Eurville, sur la ligne de Blesme à Chaumont, en passant par le groupe métallurgique de Dammarie. Si la ligne de l'Ornain était en exploitation, un embranchement, partant de l'une de ses stations, probablement celle de Naix, donnerait satisfaction aux besoins que nous indiquons.

Dès lors, le chemin de l'Ornain réunira une grande partie du trafic des combustibles et minerais qui circuleront entre la Belgique et les départements de la Meuse, des Vosges et du Haut-Rhin.

Il ressort de toutes ces considérations que le chemin de fer de l'Ornain est appelé à rendre de grands services au pays, et qu'il réunit toutes les conditions d'utilité publique requises pour en justifier l'établissement, parce qu'aux yeux des hommes éclairés son importance et son utilité ne doivent pas se mesurer seulement par la valeur des relations existant aujourd'hui dans la vallée, mais par celles que l'avenir et un avenir prochain lui réserve.

CHAPITRE II.

Résultats des études de l'avant-projet.

DESCRIPTION.

Le chemin de la vallée de l'Ornain a été étudié par MM. les ingénieurs des ponts et chaussées.

Suivant l'avant-projet, la ligne se détache du chemin de Paris à Strasbourg, à la station de Nançois-le-Petit, et côtoie tantôt la rive droite, tantôt la rive gauche du canal ou de l'Ornain, qu'elle traverse plusieurs fois, afin de se tenir constamment à portée des nombreuses agglomérations et usines qui se rencontrent sur le parcours.

Son développement est de 34,695 mètres, affecté de nombreuses courbes motivées par la configuration tourmentée de la vallée de l'Ornain, et par le désir des ingénieurs de réduire le cube des terrassements et le degré d'inclinaison des rails qui, nulle part, ne dépasse 15^{mm} par mètre, cette déclivité maximum se rencontrant seulement aux abords de Nançois et sur une faible longueur. — La cote de hauteur au point de départ étant $225^{m},961$ et celle du point d'arrivée $295^{m},000$, la différence $69^{m},039$ est rachetée par une ligne de 34,695 mètres, ce qui donne une pente moyenne générale inférieure à $0^{m},002$ par mètre, condition très-favorable au point de vue de l'exploitation.

Les pentes et rampes se répartissent comme suit :

Longueur totale des	paliers	$5,145^{m},80$
—	rampes	$26,165^{m},20$
—	pentes	$3,384^{m},40$

Sous le point de vue des alignements droits et courbes, l'avant-projet est assez accidenté. Il compte 67 alignements droits portant sur $20,884^{m},20$, soit 60 0/0, et 68 courbes ayant ensemble une longueur de $13,811^{m},20$, soit 40 0/0 de la longueur totale. — Parmi ces dernières, et sans compter les courbes d'un rayon supérieur à 300 mètres, on trouve :

19 courbes	à	200^{m} de rayon,	ayant ensemble	une longueur	totale de	$3,091^{m},10$
1	—	225	—	—	—	$251^{m},10$
7	—	250	—	—	—	$1,459^{m},00$
8	—	300	—	—	—	$1,870^{m},00$

Ces courbes, pour un chemin d'intérêt local, n'ont rien d'excessif; on les rencontre assez fréquemment sur plusieurs lignes du réseau de la Méditerranée.

La surface totale des terrains à acquérir sera de 28 hectares 83 ares

58 centiares, pour la ligne principale, et de 10 hectares 50 ares pour les stations, ensemble 39 hectares 33 ares 58 centiares : soit, en moyenne, par kilomètre, 1 hectare 13 ares 38 centiares, non compris la surface des terrains nécessaires à l'exécution des déviations et constructions de chemins, qui comprennent 67 ares 35 centiares.

La longueur des sections de la ligne occupées par les terrains de différente nature se divise comme suit :

Jardins, vergers et vignes	2,133m
Prés	9,410
Terres	21,341
Bois	620
Domaine du canal	1,121
Domaine de la Compagnie de l'Est	70

Le cube général des terrassements pour la voie courante est de 90,904m,85, soit, par mètre courant, 2mc,623 ; et y ajoutant celui prévu pour l'emplacement des haltes et stations, soit 27,541mc,50, on arrive au cube total de 118,446mc,35.

Les terrains rencontrés étant presque partout d'une nature alluviale, et les distances de transport très-faibles, la dépense des terrassements prévus est cotée à un taux très-avantageux, comparativement aux frais que cette nature de travaux entraîne généralement. La ligne se trouve protégée par le canal ; on a tout lieu d'espérer pouvoir échapper aux frais de consolidation des talus, ordinairement très-élevés. — Le ballast proviendra des tranchées pierreuses, de la réunion des cailloux formés par les parties abruptes des collines qui bordent la vallée, et, enfin, des amas de scories qui encombrent les usines de Naix, la Neuville et Abainville. — Le prix de revient ne dépassera pas 3f,50 le mètre.

Les passages à niveau et les ouvrages d'art sont très-nombreux ; c'est la partie relativement la plus onéreuse de l'entreprise. On y trouve :

43 passages à niveau.
58 aqueducs, dalots et buses.
14 ponts et ponceaux.
2 passages supérieurs.

Ce qui fait plus d'un passage à niveau et plus de deux ouvrages d'art par kilomètre.

Le rétablissement des communications demandera 6,735m de construction de route.

Le nombre des stations et haltes est projeté à 11, présentant une distance moyenne de 3,454m, qui s'abaisse jusqu'à 1,115m,60 au minimum et s'élève à 6,059m,40 au maximum. C'est incontestablement un nombre très-élevé de points d'arrêt, relativement à la longueur de la ligne, et qui

ne pourra se justifier que par le trafic de chacun d'eux ; il sera prudent de ne les installer que successivement et seulement quand la nécessité en sera constatée. Le coût de leur installation est néanmoins porté dans les prévisions des dépenses d'établissement.

DÉPENSES D'ÉTABLISSEMENT.

Tout en nous appuyant sur les bases de l'avant-projet, nous avons cru devoir apporter dans ce chapitre quelques modifications motivées par la nécessité de couvrir les différences que l'exécution pourra occasionner.

Acquisition des terrains			400,000f
Terrassements			150,000
Ballast			175,000
Ouvrages d'art inférieurs à la voie			186,500
Passages à niveau			14,500
Passages supérieurs			16,000
Déviations et chemins d'accès			11,000
Superstructure de la voie			745,000
Stations : Nançois-le-Petit	45,000		
— Ligny	44,500		
— Naix	22,200		
— Treveray	31,300		
— Demange-aux-Eaux	22,200		
— Houdelaincourt	22,200		
— Gondrecourt	71,600	259,000f	
Haltes : Longeau	9,500		
— Saint-Amand	9,500		
— La Neuville	9,500		
— Saint-Joire	21,000		
— Putrey (Abainville)	Mémoire	49,500	308,500
Télégraphie. Conduite, 35 kil. à 2 fils à 360 fr.		12,600	
Postes, 3 à 550 fr.		1,650	14,250
Mobilier et matériel d'exploitation, 6 stations à 3000 fr.		18,000	
— — 4 stations à 1500 fr.		6,000	24,000
— — 4 signaux à 650 fr.			2,600
Indicateurs divers			3,000
Matériel en réserve, outils des gardes, etc.			40,000
			2,090,350

MATÉRIEL ROULANT.

Machines locomotives	3 à 30,000 fr.		90,000
Fourgons	3 à 4,500 fr.		13,500
Voitures à voyageurs	2 à 2 étages.	20,000 fr.	30,000
	2 ordinaires.	10,000 fr.	

Vagons pour l'entretien de la voie 5 à 1,000 fr. . .	5,000		
Pièces de rechange	4,500		
Outillage pour l'entretien du matériel	19,000	162,000	
Approvisionnements.		40,000	202,000
			2,292,350
Études définitives, frais généraux, perte d'intérêt pendant la construction.			207,650
Total général.			2,500,000

Soit, par kilomètre, $\frac{2,500,000}{35}$ = 71,429 francs.

CHAPITRE III.

Exploitation.

RECETTES.

D'après les conclusions de l'avant-projet, les recettes brutes s'élèveront immédiatement à 221,311f,82 (voir p. 112).

Soit, pour les voyageurs et messageries	98,505f,35
marchandises	122,806f,47

Ce qui donne, en nombre rond, un produit kilométrique annuel de 6,400 francs. Ce produit nous paraît devoir être dépassé, si nous nous reportons aux considérations développées plus haut.

La ligne de Blesme à Chaumont, que nous avons prise pour terme de comparaison, produisit, en 1858, 12,159 francs par kilomètre et 28,788 fr. en 1865. Supposant que le canal enlève le tiers de ce trafic, la ligne du Haut-Ornain, comparée à celle de la Haute-Marne, devrait donner immédiatement 8,000 francs par kilomètre, et le double dans une courte période d'années, si, comme nous n'en doutons pas, les raccordements dont nous avons parlé s'effectuent.

Si ce terme de comparaison paraissait trop favorable, nous pourrions nous reporter au compte rendu de la Compagnie de l'Est, et nous y trouverions les résultats suivants, donnés en 1867, par des lignes livrées à l'exploitation depuis plus de deux années, et placées dans des conditions qui ne sont pas plus favorables que celles de la ligne dont il s'agit.

Désignation des lignes.	Recettes brutes kilométriques.
Flamboin à Montereau	5,703 fr.
Troyes à Bar-sur-Seine	8,663 »
Lunéville à Saint-Dié	12,067 »
Strasbourg à Barr et Wasselonne	8,866 »
Épinal à Remiremont	8,283 »
Avricourt à Dieuze	8,381 »
Haguenau à Niederbronn	7,045 »
Schlestadt à Sainte-Marie-aux-Mines	6,110 »
Benning à Sarreguemines	7,537 »

Il n'est douteux pour personne que la vallée de l'Ornain possède des éléments de trafic, sinon supérieurs, au moins égaux à ceux des localités desservies par les lignes portées à ce tableau, sans tenir compte de la ligne de Flamboin à Montereau, qui parcourt un pays pauvre et privé d'industrie. Nous pouvons en conclure que le chemin de l'Ornain donnera, dès les premières années, un produit brut annuel de 8,000 francs par kilomètre, soit, pour la ligne entière, 280,000 francs.

Nous avons indiqué précédemment le nombre d'unités que le chemin de fer est destiné à transporter; les autres éléments du trafic à déterminer sont : les bases du tarif et les distances de transport. Ces dernières données résultent des relevés qui servent de point de départ aux évaluations de l'avant-projet. En ce qui concerne le transport des voyageurs, on y admet trois classes de voyageurs, respectivement taxées 0f,06, 0f,08, 0f,11. Nous croyons que l'exploitation de la ligne ne pourra que gagner à réduire à deux le nombre des classes, sous le rapport de la simplification de la comptabilité, comme sous celui du contrôle; en fixant à 0f,07 le prix de la 2e classe et à 0f,12 celui de la 1re, on satisfera convenablement à toutes les exigences et du public et de la Compagnie concessionnaire, en tolérant le transport gratuit de 50 kilogrammes de bagages, autrement dit en supprimant les formalités du pesage et de l'enregistrement des bagages, ce qui permet d'échapper à la responsabilité et aux dépenses que cette formalité entraîne.

Partant de ces bases, le prix du transport de Gondrecourt à Nançois sera :

en 2e classe de. 2f,15
et en 1re classe de. 4f,20

Il est aujourd'hui, dans les voitures publiques, de 3f,25. Pour les voyageurs en 1re classe, le confortable et la rapidité feront certainement passer par-dessus la différence de 1f,05, qui existera entre les deux prix.

Quant aux tarifs des marchandises, il a été admis uniformément à 0f,12, sauf à l'abaisser ultérieurement pour certaines classes d'objets transportés en vagons complets ou par suite de traités d'abonnement.

DÉPENSES.

Le trafic indiqué sera convenablement desservi à l'aide de trois trains marchant dans chaque sens.

Or, les dépenses d'exploitation peuvent, sans crainte d'erreur notable, s'établir comme suit, en les rapportant aux frais kilométriques des trains et en admettant que le matériel roulant à marchandises sera loué par la Compagnie de l'Est.

Frais généraux	0f,30
Traction	0f,75
Exploitation	0f,75
Travaux et surveillance	0f,45
	2f,25

La dépense d'exploitation sera donc :

par jour 2f,25 × 6tr × 35 = 472f,50
et par an 472f,50 × 365 = 172,462f,50

RÉSULTATS FINANCIERS.

Nous avons indiqué (page 420) que le produit brut serait de 280,000 fr. ; cependant on peut examiner l'hypothèse d'un revenu inférieur. Le tableau suivant donne la différence entre la dépense et la recette, en supposant le produit brut compris entre 6,000 et 10,000 francs par kilomètre.

PRODUIT BRUT		DÉPENSES		PRODUIT NET OU BÉNÉFICE.		OBSERVATIONS.
total.	par kilom.	totales.	par kilom.	total.	par kilom.	
fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
210000	6000	172470	4928	37530	1072	à 2,25 par train kilométrique.
245000	7000	172470	4928	72530	2072	— —
280000	8000	172470	4928	107530	3072	— —
315000	9000	180127	5146	134873	3854	à 2,35 par train kilométrique[1].
350000	10000	191625	5475	158375	4525	à 2,50 —

1. Pour couvrir l'augmentation des dépenses résultant de l'accroissement du trafic.

Comparons maintenant le produit net déduit de ce tableau avec le ca-

pital de premier établissement arrêté, d'après les indications de la page 419, à 2,500,000 francs.

Conformément aux évaluations de la Commission syndicale, le capital se constituera de la manière suivante :

Souscriptions des particuliers et des communes . . .	400,000
Subvention départementale.	400,000
Subvention de l'Etat	400,000
	1,200,000
Capital à fournir par la Cie concessionnaire.	1,300,000
Total, fr.	2,500,000

Le tableau ci-dessus montre qu'il suffirait d'un produit brut de 227,500f, ou kilométrique de 6,500 francs, pour donner un bénéfice supérieur à 4 0/0, et d'un revenu brut de 245,000f ou kilométrique de 7,000 francs, pour donner un bénéfice net de 5 1/2 0/0 au capital de la Compagnie concessionnaire. Il n'est pas douteux que ce résultat pourra être atteint, surtout si l'on tient compte de l'accroissement de trafic qu'apporteront les embranchements et prolongements dont il a été question dans ce rapport.

COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

DE NANÇOIS-LE-PETIT

A GONDRECOURT.

ACTE DE SOCIÉTÉ ET STATUTS.

Par devant Mes ***

notaires soussignés :

Ont comparu :

Lesquels ont déclaré que, le Conseil général de ***, ayant pris en considération plusieurs projets de chemins de fer d'intérêt local à exécuter dans le département de ***, dans les conditions de la loi du 12 juillet 1865, et notamment un chemin de fer de ***, ils étaient dans l'intention de poursuivre, auprès du département, la demande en concession DE LA CONSTRUCTION ET DE L'EXPLOITATION de ce dernier chemin de fer, et de former à cet effet, entre eux et leurs adhérents, une Société anonyme, dont les statuts étaient arrêtés de la manière suivante :

TITRE PREMIER.

CONSTITUTION DE LA SOCIÉTÉ. — OBJET. — DÉNOMINATION. — DOMICILE. — DURÉE.

ARTICLE PREMIER. Il est formé, entre les comparants et les souscripteurs des actions ci-après désignées, une Société anonyme ayant pour objet la construction et l'exploitation du chemin de fer de ***.

La Société prend la dénomination de *Compagnie du chemin de fer de* ***.

ART. 2. Le siége de la Société est établi à ***.

ART. 3. La Société commencera à partir de ce jour.

Elle aura la même durée que celle de la concession qui fait l'objet de sa formation.

TITRE II.

FONDS SOCIAL. — ACTIONS. — VERSEMENTS.

Art. 4. Le fonds social est fixé à la somme de *** en prévision d'une dépense totale de ***.

Il sera pourvu à la différence de *** existant entre le chiffre total de la dépense prévue et celui dont se compose le capital social :

1° Au moyen des subventions en argent, travaux et abandons gratuits de terrains, accordés par l'État, le département, les communes et les particuliers, conformément à la loi du 12 juillet 1865 et à la délibération du Conseil général de *** du *** 1868;

2° Au moyen d'une émission d'actions ou d'obligations, conformément à la décision qui sera ultérieurement prise à cet égard par le Conseil d'administration, avec l'autorisation de l'assemblée générale des actionnaires.

Le fonds social est divisé en *** *actions de cinq cents francs chacune.*

Art. 4 *bis*. Le fonds social peut en outre être augmenté, pour la construction des embranchements et prolongements, que la Société a la faculté d'entreprendre, ou pour l'acquisition et l'exploitation d'autres lignes.

Cette augmentation du capital social a lieu soit par de nouvelles émissions d'actions ou obligations, soit par des emprunts, en vertu d'une délibération du Conseil d'administration, approuvée avant son exécution par l'Assemblée générale des actionnaires spécialement convoqués à cet effet.

Art. 5. Chaque action donne droit à un *** *centième* dans la propriété de l'actif social et dans les bénéfices de l'entreprise.

Art. 6. Après la régularisation des présents statuts et le versement de cent vingt-cinq francs par action, il sera remis aux ayants droit des titres provisoires nominatifs négociables.

Art. 7. Les actions pourront, après avoir été libérées de moitié, être converties en actions au porteur par délibération de l'Assemblée générale des actionnaires.

Après la libération de moitié, les titres provisoires seront échangés contre des titres définitifs.

ant que les actions resteront nominatives, le possesseur qui aurait perdu une action pourra obtenir un *duplicata ;* mais cette faculté n'existera plus, dès que les actions nominatives auront été remplacées par des actions au porteur.

Art. 8. Soit que les actions restent nominatives après cette délibération, soit qu'elles aient été converties en actions au porteur, les souscripteurs primitifs qui ont aliéné les actions et ceux à qui ils les ont cédées, avant le versement de moitié restent tenus au payement du montant de leurs actions pendant un délai de deux ans à partir de la délibération de l'Assemblée générale.

Art. 9. Les titres provisoires et définitifs sont extraits d'un registre à souche, frappés du timbre sec de la Compagnie, et revêtus de la signature de deux administrateurs ou d'un administrateur et d'un agent de la Compagnie délégué à cet effet par le Conseil d'administration.

Chaque versement fait sur le montant de l'action sera constaté sur le titre.

Art. 10. La cession des actions s'opère, savoir : pour celles au porteur par la simple tradition des titres ; pour celles nominatives par un transfert fait sur un registre tenu à cet effet au siége de la Société, signé par le cédant, le cessionnaire et

l'un des administrateurs, ou un employé délégué à cet effet par le Conseil d'administration.

Art. 11. Les actions sont indivisibles vis-à-vis de la Société qui ne reconnaît qu'un seul propriétaire par chaque action.

En conséquence, tout titre nominatif ne portera qu'un seul nom.

Tous les propriétaires indivis sont dès lors tenus de se faire représenter par une seule personne auprès de la Société.

Art. 12. Les droits et obligations attachés à l'action suivent le titre dans quelles que mains qu'il passe.

La possession d'une action emporte adhésion aux statuts de la Société et aux décisions régulièrement prises de l'Assemblée générale.

Les héritiers et représentants de l'actionnaire et ses créanciers ne peuvent, sous quelque prétexte que ce soit, provoquer l'apposition des scellés sur les biens et valeurs de la Société, ni s'immiscer en aucune manière dans son administration.

Ils doivent, pour l'exercice de leurs droits, s'en rapporter aux comptes et inventaires sociaux et aux délibérations de l'Assemblée générale.

Art. 13. Le montant de chaque action est payable à la caisse sociale ou aux caisses qui seront désignées par le Conseil d'administration.

Les payements se feront aux époques et dans les proportions déterminées par le Conseil d'administration.

Les appels de fonds n'excéderont jamais la somme de *cent vingt-cinq francs* et seront échelonnés par intervalles qui ne seront pas moindres de trois mois.

Le premier versement devra être effectué dans le délai de un mois à dater du jour de l'ouverture de la souscription.

Tout autre appel de fonds devra être annoncé au moins un mois avant l'époque fixée pour le versement, dans les journaux d'annonces légales de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel, et dans tout autre journal que le Conseil d'administration jugerait utile de désigner.

Le Conseil d'administration pourra autoriser la libération anticipée de tout ou partie du montant de l'action; mais seulement par voie de mesure générale applicable à toutes les actions, et moyennant un escompte qui ne pourra dépasser le taux de cinq pour cent.

Art. 14. A défaut de versement aux époques déterminées, l'intérêt sera dû, pour chaque jour de retard, à raison de cinq pour cent par an.

Les numéros des actions en retard seront publiés dans les journaux d'annonces légales de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel et, en outre, dans tout autre journal que le Conseil d'administration jugerait utile de désigner.

A partir du trentième jour après cette publication, et sans autre acte de mise en demeure, lesdites actions pourront être vendues sur *duplicata*, soit à la Bourse de Paris, par le ministère d'un agent de change, soit aux enchères par le ministère d'un notaire de Bar-le-Duc ou de Ligny, pour le compte et aux risques des actionnaires en retard et aussi, le cas échéant, aux risques de leurs garants, sans préjudice de l'action personnelle de la Société contre les retardataires et contre leurs garants, à raison de la perte que cette vente lui ferait subir.

La Société pourra faire procéder à cette vente, soit avant, soit après l'exercice de l'action personnelle ou concurremment avec elle.

Les titres des actions vendues en vertu du présent article, seront nuls de plein droit et il en sera délivré de nouveaux aux acquéreurs, ayant les mêmes numéros

que les titres annulés. En conséquence, toute action qui ne portera pas la mention régulière des versements qui auraient dû être effectués, cessera d'être admise à la négociation et au transfert.

Le présent article sera reproduit en entier sur les titres.

Art. 15. Les actionnaires ne sont et ne peuvent être engagés que jusqu'à concurrence du capital de *cinq cents francs* pour chaque action.

TITRE III.

ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ.

Art. 16. La Compagnie est administrée par un Conseil composé de *** membres. Ils sont nommés par l'Assemblée générale.

Chaque administrateur doit être propriétaire de *** actions qui seront inaliénables pendant la durée de ses fonctions.

Les titres de ces actions seront déposés dans la caisse de la Société et frappés d'un timbre indiquant cette inaliénabilité.

*** membres du Conseil au moins résideront au siége social.

Art. 17. Les fonctions des administrateurs sont gratuites; ils reçoivent seulement des jetons de présence dont la valeur est fixée par l'Assemblée générale.

Art. 18. Les administrateurs faisant partie du premier Conseil resteront en fonctions pendant six ans.

A l'expiration de cette période de six années, le Conseil tout entier sera soumis à l'élection. Il sera ensuite renouvelé par tiers de deux ans en deux ans.

Les membres sortant à l'expiration des deux premières périodes seront désignés par la voie du sort et ensuite par l'ancienneté.

Tout membre sortant peut être indéfiniment réélu.

Art. 19. Le Conseil d'administration nomme chaque année un président et un vice-président.

En cas d'absence du Président et du Vice-Président, le Conseil désigne celui de ses membres qui doit le remplacer.

Le président et le vice-président peuvent être indéfiniment réélus.

Art. 20. Le Conseil d'administration se réunit aussi souvent que l'intérêt de la Société l'exige.

Il est convoqué par le Président ou par l'administrateur délégué. Les convocations ont lieu par lettres adressées à chaque membre cinq jours à l'avance.

Les décisions sont prises à la majorité des membres présents; en cas de partage, la voix du président est prépondérante.

La présence de *** administrateurs est nécessaire pour valider les délibérations; mais, dans ce cas, les décisions doivent être prises à l'unanimité.

Nul ne peut voter par procuration dans le Conseil d'administration.

Art. 21. Les délibérations du Conseil d'administration sont constatées par des procès-verbaux signés par les administrateurs présents; toutefois, le Conseil pourra, le cas échéant, déléguer à son président ou à l'un de ses membres le pouvoir de signer une délibération.

Les copies ou extraits de ces délibérations à produire en justice ou ailleurs sont signés par le président ou le vice-président, ou par l'administrateur délégué pour remplir ces fonctions.

ART. 22. En cas de vacance d'une place d'administrateur, il y sera pourvu provisoirement par le Conseil d'administration à la majorité des membres restants.

L'administrateur ainsi nommé a les mêmes pouvoirs que les autres administrateurs, ses fonctions durent jusqu'à la plus prochaine assemblée générale ordinaire, dans laquelle il sera pourvu à la nomination définitive d'un administrateur.

Les administrateurs nommés en cas de vacance ne demeurent en fonctions que pendant le temps d'exercice qui restait à leur prédécesseur.

ART. 23. Le Conseil d'administration est investi des pouvoirs les plus étendus pour l'administration de la Société.

Il fixe les dépenses générales de l'administration;

Il passe les traités et marchés de toute nature, autorise, effectue ou ratifie les achats de terrains et immeubles nécessaires pour l'exécution et l'exploitation du chemin de fer, ainsi que la revente des terrains ou immeubles devenus inutiles pour ces destinations; il règle les approvisionnements et autorise l'achat des matériaux, machines et autres objets nécessaires à l'exploitation;

Il autorise toutes main levées d'oppositions ou d'inscriptions hypothécaires, ainsi que de tous désistements de priviléges, le tout avec ou sans payement;

Il autorise toutes actions judiciaires, tous compromis et toutes transactions;

Il détermine le placement des fonds disponibles et autorise tous retraits de fonds et tous transferts de rentes et aliénations de valeurs appartenant à la Société; il règle l'emploi des fonds en réserve;

Il fixe et modifie soit les tarifs, soit le mode de perception et fait les transactions y relatives, le tout dans les limites déterminées par le cahier des charges;

Il fait les règlements relatifs à l'organisation du service et à l'exploitation du chemin de fer et de ses dépendances, sous les conditions déterminées par le cahier des charges;

Il nomme et révoque tous les agents et employés; il fixe leurs attributions, leur traitement, leur résidence.

Il statue sur tous les intérêts qui rentrent dans l'administration de la Société.

ART. 24. Le Conseil peut, avec l'approbation expresse de l'Assemblée générale, autoriser tous emprunts avec ou sans affectation hypothécaire et toute convention avec d'autres entreprises de chemin de fer;

Il peut également, avec la même approbation, acheter des immeubles autres que ceux désignés à l'article 23 ci-dessus et les revendre au besoin.

Tous pouvoirs lui sont, dès à présent, donnés pour négocier l'émission d'actions et d'obligations jusqu'à concurrence de   fr. et de faire faire toutes avances au moyen d'ouverture de crédits de banque ou de nantissement des titres émis.

ART. 25. Tout membre du Conseil d'administration qui, dans une question soumise à ce Conseil, aura, pour lui-même ou pour des maîtres ou commettants dont il dépendrait, un intérêt opposé à celui de la Société, par exemple lorsqu'il s'agirá d'actionnaires se servant habituellement du chemin pour effectuer des transports importants, devra s'abstenir de prendre part au vote. Ceux qui se trouveront dans ce cas seront remplacés pour la délibération et le vote, par un égal nombre d'actionnaires choisis par le Conseil parmi les non-empêchés, n'ayant pas eux-mêmes d'intérêt direct ou indirect dans la question, possédant au moins le nombre d'actions exigé pour faire partie du Conseil d'administration, et qui auront été désignés dans ce but par l'Assemblée générale, ainsi qu'il va être dit. A cet effet, la délibération

sera renvoyée à une autre séance, pour laquelle la convocation sera faite suivant le mode et avec le délai exigé par le second paragraphe de l'article 20.

L'Assemblée générale désignera chaque année un certain nombre d'actionnaires destinés à suppléer, dans le cas dont il s'agit au présent article, les membres du Conseil d'administration qui seraient obligés de s'abstenir.

ART. 26. Le Conseil d'administration peut déléguer tout ou partie de ses pouvoirs par un mandat spécial et pour une ou plusieurs affaires déterminées.

Il peut également déléguer ses pouvoirs généraux à un ou plusieurs administrateurs.

ART. 27. Conformément à l'article 32 du Code de commerce, les membres du Conseil d'administration ne contractent, à raison de leur gestion, aucune obligation personnelle ni solidaire relativement aux engagements de la Société.

Ils ne répondent que de l'exécution de leur mandat.

ART. 28. Les transferts de rentes et effets publics appartenant à la Société, les actes d'acquisition, de vente et d'échange des propriétés mobilières de la Société, les transactions, marchés et actes engageant la Société, ainsi que les mandats sur la banque et sur tous les dépositaires de fonds de la Société doivent être signés par deux administrateurs ou par un administrateur et une personne désignée par le Conseil, à moins d'une délégation expresse du Conseil à un seul administrateur ou à toute autre personne.

TITRE IV.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES ACTIONNAIRES.

ART. 29. L'Assemblée générale ordinaire ou extraordinaire, régulièrement constituée, représente l'universalité des actionnaires.

ART. 30. L'Assemblée générale se compose de tous les propriétaires de cinq actions, ou plus.

Nul ne peut représenter un actionnaire dans ladite Assemblée, s'il n'est lui-même membre de l'Assemblée générale.

Néanmoins, les propriétaires de moins de cinq actions pourront se réunir par groupes de cinq actions ou plus, et charger soit l'un d'entre eux, soit un membre de l'Assemblée de représenter à l'Assemblée générale leurs intérêts communs.

La forme des pouvoirs sera déterminée par le Conseil d'administration.

L'Assemblée générale ordinaire ou extraordinaire est régulièrement constituée lorsqu'elle est composée d'un nombre d'actionnaires représentant la moitié au moins du capital-actions.

ART. 31. Dans le cas où, sur une première convocation, les actionnaires présents ne rempliraient pas les conditions ci-dessus imposées pour la validité des délibérations de l'Assemblée générale, il sera procédé à une seconde convocation à quinze jours d'intervalle, au moins.

Cette seconde convocation est faite comme il est dit à l'article 33 ci-après; mais le délai entre la publication de l'avis et la réunion est réduit à dix jours.

La carte d'admission délivrée pour la première Assemblée est valable pour la seconde.

Les délibérations prises par l'Assemblée générale dans la seconde réunion ne peuvent porter que sur les objets à l'ordre du jour et indiqués dans les avis de convocation.

Ces délibérations sont valables, quel que soit le nombre des actionnaires présents et le montant des actions représentées.

Art. 32. L'Assemblée générale se réunit de droit chaque année, dans le courant du mois de mai, au siége de la Société.

Elle se réunit en outre, extraordinairement, toutes les fois que l'utilité en est reconnue par le Conseil d'administration.

Art. 33. Les convocations ordinaires et extraordinaires de l'Assemblée générale sont faites par le Président, le Vice-Président ou le membre du Conseil d'administration délégué pour les remplacer.

Elles doivent avoir lieu quinze jours au moins avant l'époque de la réunion, par un avis inséré dans les journaux d'annonces légales de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel et tout autre journal que le Conseil d'administration jugerait utile de désigner, et par lettres individuelles adressées par la poste à tous les propriétaires d'actions nominatives.

Art. 34. Les propriétaires de cinq actions au porteur ou plus doivent, pour avoir droit d'assister à l'Assemblée générale, déposer leurs titres aux lieux et entre les mains d'une ou de plusieurs personnes, désignées par le Conseil d'administration; et, s'ils veulent s'y faire représenter, déposer ou faire déposer en outre les procurations au siége de la Société, le tout huit jours au moins avant l'époque fixée pour la réunion de chaque Assemblée.

Les actionnaires qui, à titre de mandataires, sont chargés de représenter un groupe de cinq actions ou plus, soit au porteur, soit nominatives, ainsi qu'il est dit au § 4 de l'article 30, devront, dans le même délai, déposer ou faire déposer au siége social, en même temps que les titres, s'ils sont au porteur, la procuration aux termes de laquelle les propriétaires des actions les investissent des pouvoirs d'assister à l'Assemblée générale pour le compte commun.

Il est remis à chacun d'eux ou à son mandataire, par le dépositaire des titres, une carte d'admission.

Cette carte est nominative et personnelle.

Les actionnaires qui possèdent cinq actions nominatives au moins recevront directement, en même temps que l'avis de convocation, leur carte d'admission à l'Assemblée générale, sans être astreints à la formalité du dépôt de leurs titres. Dans le cas où ils voudraient se faire représenter à l'Assemblée générale par un autre membre de cette Assemblée, ils devront déposer ou faire déposer au siége social, huit jours au moins avant la réunion, la procuration nécessaire à cet effet.

Art. 35. L'Assemblée générale est présidée par le Président et, à son défaut, par l'administrateur désigné par le Conseil pour le remplacer.

Les fonctions de scrutateurs sont remplies par les deux plus forts actionnaires présents au commencement de la séance et, sur leur refus, par les deux plus forts actionnaires après eux, jusqu'à acceptation. Le bureau désigne le Secrétaire.

Il est tenu une feuille de présence; elle contient les noms et domicile des actionnaires, et le nombre d'actions dont chacun d'eux est porteur.

Cette feuille, certifiée par le bureau de l'Assemblée, est déposée au siége social et doit être communiquée à tout requérant.

Art. 36. Les délibérations de l'Assemblée générale sont prises à la majorité des membres présents.

Cinq actions donnent droit à une voix; chaque actionnaire a droit à autant de voix qu'il a de fois cinq actions, jusqu'au chiffre de vingt voix.

Si un actionnaire a plus de cent actions, il aura, pour le surplus, une voix par dix actions indéfiniment.

En cas de partage, la voix du Président est prépondérante.

Art. 37. Le nombre d'actions dont chaque actionnaire est propriétaire, ou qu'il représente, est constaté par sa carte d'admission.

Art. 38. L'Assemblée générale entend et approuve les comptes.

Sur la proposition du Conseil d'administration, elle délibère :

Sur les emprunts, acquisitions ou aliénation d'immeubles pour lesquels son autorisation est nécessaire.

Sur les questions de prolongements ou d'embranchements, de fusion ou de traités avec d'autres Compagnies, de prolongation ou de renouvellement de concessions, de modifications ou additions aux statuts, et notamment sur l'augmentation du fonds social ou l'émission d'obligations et sur la prorogation de la Société. Elle donne les pouvoirs nécessaires à cet effet.

Elle nomme les administrateurs en remplacement de ceux dont les fonctions sont expirées, ou qu'il y a lieu de remplacer par suite de décès, démission ou autre cause.

Elle désigne chaque année un ou plusieurs commissaires associés ou non, chargés de faire un rapport à l'Assemblée générale de l'année suivante, sur la situation de la Société, sur le bilan et sur les comptes présentés par le Conseil d'administration.

Elle prononce, sur la proposition du Conseil d'administration et en se renfermant dans les limites des statuts, sur tous les intérêts de la Société.

Art. 39. Les délibérations relatives aux emprunts, ainsi qu'aux questions comprises au § 4 de l'article précédent, devront être prises dans une Assemblée générale réunissant au moins la moitié du fonds social.

Art. 40. Les délibérations de l'Assemblée générale prises conformément aux statuts obligent tous les actionnaires.

Elles sont constatées par des procès-verbaux signés par les membres du bureau.

TITRE V.

COMPTES ANNUELS. — INTÉRÊTS. — DIVIDENDES. — AMORTISSEMENTS. — FONDS DE RÉSERVE.

Art. 41. Pendant l'exécution des travaux et jusqu'à la mise en exploitation de la ligne entière, il sera payé annuellement aux actionnaires pour 100 (...) d'intérêt des sommes par eux versées et ce à partir du jour de chaque versement.

Il sera pourvu à ce payement par les intérêts des placements de fonds et par tous les autres produits accessoires de l'entreprise ; enfin, en cas d'insuffisance, par un prélèvement sur le fonds social.

Art. 42. Il sera dressé chaque année un inventaire général du passif et de l'actif de la Société ; cet inventaire sera soumis à l'Assemblée générale des actionnaires dans la réunion du mois de mai.

Art. 43. Les produits de l'entreprise serviront d'abord à acquitter les dépenses d'entretien et de l'exploitation du chemin de fer, les frais d'administration, l'intérêt et l'amortissement des obligations et emprunts qui auront pu être contractés et généralement toutes les charges sociales.

Art. 44. Il sera fait chaque année un prélèvement de un vingtième au moins

affecté à la formation d'un fonds de réserve sur les bénéfices nets de l'entreprise, après prélèvements des dépenses et charges mentionnées à l'article 43.

Ce prélèvement cessera d'être obligatoire lorsque le fonds de réserve aura atteint le dixième du capital social.

ART. 45. A partir de la mise en exploitation complète du chemin de fer, il sera prélevé sur l'excédant des produits annuels, après prélèvement des charges mentionnées dans l'article 44 :

1° Une retenue destinée à constituer un fonds d'amortissement et calculée de telle sorte que le capital social soit complétement amorti cinq ans avant l'expiration de la Société ;

2° La somme nécessaire pour servir aux actions amorties et non amorties un intérêt de cinq pour cent : la part afférente aux actions amorties devant être versée au fonds d'amortissement, afin de compléter la somme nécessaire pour amortir la totalité des actions dans le délai prescrit. Le surplus des produits annuels sera réparti également entre toutes les actions amorties ou non amorties ; la portion afférente aux actions amorties sera distribuée aux propriétaires des titres qui auront été délivrés en échange de ces actions, ainsi qu'il sera dit à l'article 47.

ART. 46. S'il arrivait que, dans le cours d'une ou de plusieurs années, les produits nets de l'entreprise fussent insuffisants pour assurer le remboursement du nombre d'actions à amortir, la somme nécessaire pour compléter le fonds d'amortissement serait prélevée sur les premiers produits nets des années suivantes, par préférence et antériorité à toute attribution de dividende aux actionnaires.

ART. 47. Le fonds d'amortissement, composé ainsi qu'il est dit dans les articles précédents, sera employé chaque année jusqu'à due concurrence, à compter du jour de la mise en exploitation complète du chemin de fer, au remboursement d'un nombre d'actions déterminé comme il est dit article 45.

La désignation des actions à amortir aura lieu au moyen d'un tirage au sort qui sera fait publiquement chaque année, aux époques et suivant la forme qui seront déterminées par le Conseil d'administration.

Les propriétaires des actions désignées par le tirage au sort pour le remboursement recevront en numéraire le capital effectif versé de leurs actions et les dividendes jusqu'au jour indiqué pour le remboursement ; et, en échange de leurs actions primitives, il leur sera délivré des actions spéciales.

Ces actions donneront droit à une part proportionnelle dans le partage des bénéfices mentionnés au dernier paragraphe de l'article 45.

Ces actions auront, du reste, pour les attributions relatives à l'administration et pour le vote aux assemblées, les mêmes droits que les actions non amorties.

Les numéros des actions désignées par le sort pour être remboursées seront publiés dans les journaux d'annonces légales de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel et tout autre journal que le Conseil d'administration jugera utile de désigner.

Le remboursement du capital de ces actions sera effectué au siége de la Société à partir du 1er janvier de chaque année, pour l'année qui aura précédé.

ART. 48. Le payement des intérêts et dividendes a lieu chaque année au siége social et aux endroits indiqués par le Conseil d'administration.

Ce payement est effectué le 1er juillet de chaque année.

Les intérêts et dividendes de toutes actions, soit au porteur, soit nominatives, sont valablement payés au porteur du titre ou du coupon échu.

Les titres seront munis de coupons pour une période de vingt années et qui seront successivement détachés après chaque payement.

Pour toucher l'un quelconque de ces coupons, le porteur devra en dresser le bordereau à présenter à la caisse, dans la forme qui sera prescrite par le Conseil.

ART. 49. Tous les intérêts et dividendes qui n'ont pas été touchés à l'expiration de cinq années après l'époque de leur payement dûment annoncé dans les journaux d'annonces légales de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel et de tout autre journal que le Conseil d'administration jugerait utile de désigner, sont acquis à la Société, conformément à l'article 2277 du Code civil.

TITRE VI.

DISPOSITION PARTICULIÈRE. — LIQUIDATION.

ART. 50. Dans le cas où les subventions qui doivent être accordées par l'État, le département, les communes et les particuliers n'atteindraient pas une somme de un million deux cent mille francs (1,200,000 francs) en espèces, travaux, terrains ou valeur quelconques, etc, le Conseil d'administration ne pourra accepter la concession avant d'avoir consulté l'Assemblée générale des actionnaires, qui statuera sur la question de continuation ou de dissolution de la Société.

ART. 51. Lors de la dissolution de la Société, l'Assemblée générale, sur la proposition du Conseil d'administration, déterminera le mode de liquidation qu'il convient de suivre.

TITRE VII.

CONTESTATION.

ART. 52. Dans les cas de contestations, tout actionnaire devra faire élection de domicile à Bar-le-Duc et toutes notifications et assignations seront valablement faites au domicile par lui élu, sans avoir égard à la distance de la demeure réelle.

A défaut d'élection de domicile, cette élection a lieu de plein droit, pour les notifications judiciaires et extrajudiciaires, à la mairie de Bar-le-Duc.

Le domicile élu formellement ou implicitement, comme il vient d'être dit, entraînera attribution de juridiction aux tribunaux compétents de Bar-le-Duc.

Dans le cas où, par une circonstance imprévue, une action devrait être dirigée par la Société contre un ou plusieurs actionnaires, ces derniers seraient valablement assignés par un seul exploit à eux signifié, déposé au parquet de M. le procureur près du tribunal de première instance de Bar-le-Duc, et inséré par extrait dans les journaux de Bar-le-Duc et de Saint-Mihiel.

ART. 53. Tous pouvoirs sont donnés au porteur d'un extrait ou d'une expédition des présents statuts pour en faire la publication partout où besoin sera.

ÉLECTION DE DOMICILE.

Pour l'exécution des présentes, il est fait élection de domicile en l'étude de M. ***, un des notaires soussignés :

AVANT-PROJET

D'UN CHEMIN DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

DE NANÇOIS-LE-PETIT A GONDRECOURT

Analyse des prix.

1° PRIX DE JOURNÉES.

Manœuvres et terrassiers, 2f.50.
Voituriers avec un cheval, conducteur compris, 5 fr.
Voituriers avec 2 chevaux, 9 fr.
Voituriers avec 3 chevaux, 13 fr.

I. *Terrassements.*

N° 1. Prix de 1 m. cube de déblais en terre végétale ou rocailleuse non compris le transport.	Fouille de terrassier, 0h.18,	2f.50	0,450		
	Chargement en brouette ou en tombereau, 0h.08	2 .50	0,200		
	Décharge et régalage en remblai, ou rangement en dépôt, non compris le transport, 0h.04,	2 .50	0,100	0,750	
	Faux frais et bénéfices,	0,155		0,116	
	Prix de 1 mètre cube,	0,866		0,866	0,85
N° 2. Prix de 1 m. cube de déblais d'emprunt, non compris le transport.	Indemnité de terrain...........		0,125		
	Fouille, 0h.14	2f.50	0,350		
	Charge, décharge et régalage en remblai, transport non compris, 0h.12	2 .50	0,300	0,775	
	Faux frais et bénéfices,	0,155		0,120	
	Prix de 1 mètre cube,	0,895		0,895	0,90
N° 3. Prix de 1 m. cube de déblais mis en dépôt, non compris le transport.	Indemnité de terrain...........		0,250		
	Faux frais et bénéfices,	0,155	0,039		
	Prix de 1 mètre cube,	0,289	0,289	0,289	0,30

II. *Transports.*

N° 4. Transport à la brouette de 1 m. cube de remblais pour la voie ou de déblais mis en dépôt à 58 m. de distance moyenne.	Formule A : 0,0044 × 58, ci...		0,255		
	Faux frais et bénéfices,	0,155	0,040		
	Prix de transport de 1 mètre cube......	0,295	0,295	0,295	0,30

N° 5. Transport au tombereau à 290 m. de distance moyenne de 1 m. cube de remblai ou d'emprunt.	Formule B (0,000636 × 290m) + 0,231, ci................	0,415		
	Faux frais et bénéfices, 0,155	0,064		
	Prix du transport de 1 mètre cube....... 0,479	0,479	0,479	0,50

III. *Ballast.*

N° 6. Prix de 1 m. cube de scories de forge ou de pierre cassée à 0,06 prise dans les déblais en excès ou dans les coteaux voisins pour balaster la voie.	Triage dans les déblais ou extraction des dépôts de scories, cassage et rangement. 0,65 de journée de manœuvre à 2 fr. 50..........	1,625		
	Chargement et transport à pied d'œuvre, déchargement et régalage......................	1,350	2,975	
	Faux frais et bénéfices, 0,155		0,461	
	Prix de 1 mètre cube, 3,436		3,436	3,45

IV. *Ouvrages d'art sous la plate-forme.*

N° 7. Prix d'une buse de 0,20 de diamètre et de 4,50 de longueur.	Le mètre courant de buse, de 0,20 de diamètre, formé de tuyaux en terre cuite de Vadivière, sera payé, y compris la fourniture, la pose et les deux dalles formant tête, 6 fr., soit pour une longueur de 4m.50 .... (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 4 fr. 50 c.)	27,00	27,00
	Nota. Les ouvrages dont la nomenclature suit seront en maçonnerie composée de bon mortier, de chaux hydraulique avec moellons, bouts, et d'appareils, dalles et têtes en pierre de taille.		
N° 8. Prix d'un dalot de $\frac{0.30}{0.40}$ d'ouverture et de 4m50 de longueur.	Un dalot de 0m.30 d'ouverture, sur 0m.40 de hauteur sous-dalles, et 4m.50 de longueur, sera payé... (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 20 fr.)	110,00	110,00
N° 9. Prix d'un dalot de $\frac{0.40}{0.60}$ et 4m50 de longueur.	Un dalot de 0m.40 d'ouverture, de 0m.60 de hauteur sous-dalles, de 4m.50 de longueur, sera payé. Chaque mètre linéaire en plus sera payé 30 fr.)	180,00	180,00
N° 10. Prix d'un dalot de $\frac{0.50}{0.70}$ de 4m50 de longueur.	Un dalot de 0m.50 d'ouverture, de 0.10 de hauteur sous-dalles, et de 4m.50 de longueur, sera payé (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 40 fr.)	250,00	250,00
N° 11. Prix d'un dalot de $\frac{0.60}{0.80}$ et de 4m50 de longueur.	Un dalot de 0m.60 d'ouverture, de 0.80 de hauteur et de 4m50 de longueur, sera payé........ (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 50 fr.)	300,00	300,00

N° 12. Prix d'un dalot de $\frac{0.70}{1\text{ m.}}$ et $4^{m}50$ de longueur.	Un dalot de $0^{m}.70$ d'ouverture, et de 1 mètre de hauteur sous-dalles, et $4^{m}.50$ de longueur, sera payé. Chaque mètre linéaire en plus sera payé 60 fr.)		350,00	350,00
N° 13. Prix d'un aqueduc de $\frac{0.80}{1\text{ m.}}$ et de $4^{m}50$ de longueur.	Un aqueduc voûté, avec radier, de $0^{m}.80$ d'ouverture, de 1 mètre de hauteur, sous-clef, et de $4^{m}.50$ de longueur, sera payé........ (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 70 fr.)		400,00	400,00
N° 14. Prix d'un aqueduc voûté de $\frac{1\text{m.}}{1\text{m.}}$ et $4^{m}50$ de longueur.	Un aqueduc voûté de 1 mètre d'ouverture, de 1 mètre de hauteur sous-clef, et de $4^{m}.50$ de longueur, sera payé............. (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 75 fr.)		550,00	550,00
N° 15. Prix d'un aqueduc voûté de $\frac{1^{m}30}{1\text{ m.}}$ et $4^{m}.50$ de longueur.	Un aqueduc voûté, de $1^{m}.30$ de débouché, et de $4^{m}.50$ de longueur, sera payé............. (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 100 fr.)		700,00	700,00
N° 16. Prix d'un aqueduc voûté de $\frac{1^{m}.50}{1\text{m.}}$ et $4^{m}.50$ de longueur.	Un aqueduc voûté, de $1^{m}.50$ de débouché, et de $4^{m}.50$ de longueur, sera payé............. (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 140 fr.)		800,00	800,00
N° 17. Prix d'un ponceau de 2m. d'ouverture et $4^{m}.50$ de longueur.	Un ponceau voûté en maçonnerie, de 2 mètres de débouché et de $4^{m}.50$ de longueur, sera payé... (Chaque mètre linéaire en plus sera payé 200 fr.)		1300,00	1300,00
	Nota. A partir de 3 mètres d'ouverture, les ouvrages d'art se composeront de culées et de piles en maçonnerie, avec tablier formé de madriers en bois et de poutres en tôle ou en fonte.			
N° 18. Prix d'un ponceau de 3m. d'ouverture et de $4^{m}.50$ de longueur.	Un ponceau de 3^{m} de débouché et de $4^{m}.50$ de longueur, avec culées en maçonnerie, poutres en fonte, et platelage en madriers, sera payé.		2600,00	2600,00
N° 19. Prix d'un pont de 5^{m} d'ouverture et de $4^{m}.50$ de longueur.	Un pont de 5 mètres de débouché, et de $4^{m}.50$ de longueur, composé de culées en maçonnerie, poutres en fonte et madriers, sera payé :			
	Maçonnerie................	2000,00	4000,00	4000,00
	Fer et fonte du tablier.....	1350.00		
	Platelages accessoires........	650,00		
	Nota. Au delà de 5 mètres d'ouverture, on n'emploiera plus la fonte.			

N° 20. Prix d'un pont de 6 m. d'ouverture et 4m.50 de longueur. — Un pont de 6 mètres de débouché et de 4m.50 de longueur, composé de culées en maçonnerie et de poutres en fonte, sera payé :

Maçonnerie	2250,00	4500,00	4500,00
Fer et fonte	1620,00		
Accessoires	630,00		

N° 21. Prix d'un pont de 9 m. d'ouverture et de 4m.50 de longueur. — Un pont de 9m de débouché et de 4m.50 de longueur, composé d'une pile et de deux culées en maçonnerie, et de poutres en fonte, sera payé :

Maçonnerie	3250,00	7600,00	7600,00
Fer et fonte	3445,00		
Accessoires	905,00		

N° 22. Prix d'un pont de 10 m. d'ouverture et de 4m.50 de longueur. — Un pont de 10m de débouché et de 4m.50 de longueur, composé d'une pile et de deux culées en maçonnerie, et de poutres en fonte, sera payé :

Maçonnerie	3600,00	8500,00	8500,00
Fer et fonte	3825,00		
Accessoires	1075,00		

N° 23. Prix d'un pont de 16 m. d'ouverture et de 4m.50 de longueur. — Un pont de 16m de largeur, composé de piles et culées en maçonnerie, et de poutres en fer, sera payé :

Maçonnerie	6500,00	15000,00	15000,00
Fer et fonte	7200,00		
Accessoires	1300,00		

N° 24. Prix d'un pont de 18 m. d'ouverture et de 4m.50 de longueur. — Un pont de 18m de largeur, composé de piles et culées en maçonnerie, et de poutres en fer, sera payé :

Maçonnerie	6550,00	16500,00	16500,00
Fer et fonte	8550,00		
Accessoires	1400,00		

N° 25. Prix d'un pont de 22m.50 d'ouverture et de 4m.50 de longueur. — Un pont de 22m.50 de largeur, composé de piles et culées en maçonnerie, et de poutres en fer, sera payé :

Maçonnerie	10700,00	22000,00	22000,00
Fer et fonte	11300,00		

N° 26. Prix d'un pont de 23 m. sur le canal de la Marne au Rhin. — Pont biais de 23m, sur le canal de la Marne et Rhin, composé de culées en maçonnerie, et de poutres en fer, sera payé :

Maçonnerie	12000,00	25000,00	25000,00
Fer et fonte	13000,00		

N° 27. Prix d'un pont de 25 m. d'ouverture et de $4^m.50$ de longueur	Un pont de 25^m de largeur, sur l'Ornain, composé de piles et culées en maçonnerie, et poutres en fer, sera payé :			
	Maçonnerie.............	15500,00	28000,00	28000,00
	Fer et fonte............	12500,00		
N° 28. Prix d'un pont de 30 m. d'ouverture et $4^m.50$ de longueur.	Un pont de 30^m de largeur, sur l'Ornain, composé de piles et culées en maçonnerie, et de poutres en fer, sera payé............		32000,00	32000,00

V. *Passages à niveau.*

N° 29. Prix de 1 m. courant de passage à niveau, sans barrière, ni maison, ni empierrement, ce dernier étant compté au ballast, et en supposant les rails du poids de 22 kilogrammes, au mètre et au prix de 200 fr. la tonne.	2 Rails pesant ensemble 264 kil., à $0^f.20$ l'un, ci...........	55,440	
	2 Contre-rails...............	34,300	
	4 Eclisses..................	2,620	
	8 Boulons d'éclisses..........	0,920	
	2 Platines de joints...........	0,670	
	50 Tire-fonds, 18 kil., à $0^f.40$ l'un	7,200	
	8 Traverses à 4 fr............	32,000	
		133,150	
	Pose et courbure des contre-rails..	10,000	
		143,150	
	Soit, pour 1^m, $\frac{143.15}{6} = 23,86$ en chiffres ronds................		24,00
	Pour les passages fermés, on ajoutera :		
	1° Une clôture sèche en échalas, sur $12^m.50$, à droite et à gauche de chaque vantail, soit, pour un passage, 50^m, à $0^f.50$ l'un, ci..	25,00	25,00
	2° Une guérite estimée 300 fr., seulement pour les passages qui ne seront pas manœuvrés par le personnel des gares, ci........	300,00	300,00
	3° Le prix des barrières, savoir :		
	Barrières de 4 mètres.........	700,00	700,00
	Barrières de 5 mètres.........	800,00	800,00
	Barrières de 7 mètres.........	1000,00	1000,00
	Barrières de 8 mètres.........	1100,00	1100,00

VI. *Passages supérieurs.*

N° 30. Prix d'un passage au-dessus, de 4 m. de largeur.	Un passage au-dessus, de 4^m de largeur, entre parapets, et de $4^m.80$ de hauteur sous-poutres, avec terrassements aux abords, est estimé en bloc..............	8000,00	8000,00

VII. *Déviations et chemins d'accès.*

N° 31. Prix de 1 m. courant de rectification de chemins ordinaires de 4 m. de largeur et prix de revient du mètre superficiel.	Indemnité de terrains, 4m superficiels, à 0f.80 l'un............	3,20	
	Terrassements, 0m.40 par mètre courant, à 0f.85 le mètre......	0,34	
	Pierre cassée à 0m.06, pour l'empierrement, à 3m de long sur 0m.15, soit 0m.45 cubes, à 3fr. 45 le mètre, y compris l'emploi, ci........................	1,55	
		5,09	
	Faux frais et bénéfices, 0,155	79	
	Prix du mètre courant pour un chemin de 4 mètres..........	5,88	
	Prix du mètre superficiel : $= \frac{5.88}{4} = 1^f.47$, soit.........		1,50

Armature de la voie.

Fer. Rails de $7^m \times 27^k = 189^k \times 2 = 378^k$ à 210 fr........		79,38	
2 paires d'éclisses à 7 kil. = 14 à 220 fr..................		3,08	
8 boulons d'éclisses à $0^k.350$ = 2.80 à 380 fr...........		1,06	
28 crampons à $0^k.300$ = 8.40. à 300 fr..................		2,52	
		86,04	
7 traverses à 4 fr.		28,00	
Total pour 7 mètres......		114,04	
Pour 1 mètre.......	16,29		
Transport, réparation et pose..	3,00		19,29
Prix de 1 mètre courant....	19,29		

Voies sans traverses.

Fers comme ci-dessus, moins les crampons..................	83,52	
3 entretoises à $15^k = 45^k$, 400.	18,00	
Total pour 7 mètres......	101,52	
Pour 1 mètre $\frac{101.52}{7} = 14.50 + 2,02 =$		16,52

Frais d'établissement des stations.

Nançois-le-Petit.	1 remise pour 2 machines, comme Haguenau	15,000	
	1 atelier et magasin au-dessus, 40m à 100 fr	4,000	
	1 remise pour 3 voitures, 24m × 4 = 96m à 50 fr	4,800	
	1 guérite	300	
	Terrain, 3,000 mètres à 1 fr.	3,000	
	Voies, 250 mètres à 18 fr	4,500	
	5 changements à 1200 fr	6,000	
	2 plaques tournantes à 3,000 fr	6,000	
	Divers	1,400	45,000
Ligny.	Bâtiment de voyageurs (type A de Mutzig)	8,500	
	Trottoirs pour voyageurs avec bordures gazonnées	200	
		300	
	Lieux d'aisances (type n° 4 de Mutzig)	200	
	Halle à marchandises	6,000	
	Quai à marchandises avec rampes d'accès	1,500	
	Voies de garage et de service, 500 mètres à 18 fr	9,000	
	5 Changements à 1200	6,000	
	1 Signal pour aiguilles	120	
	2 Plaques tournantes de 3m.50	4,500	
	1 Grue de 10 tonnes	4,500	
	1 Pont à bascule de 15 tonnes	2,200	
	1 Gabarit de chargement	150	
	Empierrement des cours, allées, abords	1,230	44,500
Gondrecourt.	Comme pour Ligny	44,500	
	Réservoir, pompe, grue, fosse, etc.	9,100	
	1 Plaque tournante de 4m.50	6,000	
	1 Remise pour trois voitures	4,800	
	1 Remise pour une machine	7,200	71,600
Naix.	Maisons de gardes appropriées, etc.	5,000	
Demange.	Hangar avec quai et rampe	4,000	
Houdelaincourt.	Voies : 300 mètres à 18 fr	5,400	
	3 Changements à 1200 fr	3,600	
	1 Grue de 5 tonnes	3,500	
	Empierrement, etc	700	22,200
Freveray.	Comme ci-dessus	22,200	
	1 Réservoir	2,000	
	1 Pompe, puits, etc	1,500	
	Conduite, Borne-fontaine, etc	4,500	
	Grue hydraulique	600	
	1 fosse à piquer le feu	500	31,300
HALTES.			
Longeau.	Abri en charpente, avec trottoir	2,000	
Saint-Amand.	Voies : 200 mètres à 18 fr	3,600	
Laneuville.	2 Changements à 1200 fr	2,400	
	Quai avec rampe	1,000	
	Empierrement, abords, etc	500	9,500

Saint-Jeoire.	Comme ci-dessus	9,500		
	Grue à pierre avec sa voie	10,000		
	50 mètres de voie à 30 fr.	1,500	21,000	

Frais d'exploitation. — Administration.

Conseil	6,000		
Chef de service	5,000		
Comptable	3,000		
Commis	1,200	15,200	
Timbre des actions		6,500	
Loyer, correspondance, frais divers, etc.		2,300	24,000

Traction.

Conduite.	1 Chef de dépôt mécanicien		3,000		
	2 Mécaniciens		4,800		
	3 Chauffeurs à 1500 fr.		4,500		
	1 Forgeron et frappeur à 5 fr.		1,500		
	2 Manœuvres nettoyeurs à 800 fr.	0.20	1,600	15,400	
Matières.	Combustible, 77,000 kil. à 0,25	0,25	19,250	19,250	
	Graisse et huile, 77,000 kil. à 0.03.	0,03	2,310	2,310	
	Matières diverses, eau, etc.	0,10	7,700	7,700	
	Entretien de machines	0,10	7,700	7,700	
	Entretien de voitures et fourgons	0,07	5,390	5,390	57,750
		0,75			

Exploitation.

Service des Trains.

PERSONNEL.

1 Supplémentaire	1,500		
2 Gardes-trains	2,000		
Déplacements	500		
Divers, éclairage, etc.	500	4,500	4,500

Service des Stations.

PERSONNEL.

Nançois-le-Petit.	1 Aiguilleur visiteur	1,200		
	2 Manœuvres	1,600		
	Indemnité au chef de gare	600	3,400	3,400
Ligny et Gondrecourt.	1 Chef de station	1,200		
	1 Receveur	300		
	1 Commis aux marchandises	900		
	1 Facteur	800		
	2 Manœuvres	1,400	4,600	
	(4,600 fr. par chaque station).			9,200
Naix. Houdelaincourt.	1 Receveur et sa femme	1,200		
Demange. Freveray.	1 Manœuvre	750	1,950	
	(1,950 fr. par chaque station).			7,800
Haltes.	5 à 800			4.000

Dépenses diverses.

Matières.	Éclairage........................	400		
	Chauffage........................	800		
	Imprimés........................	600		
	Divers........................	300	2,100	2,100

Entretien du Mobilier.

Divers, pertes et avaries, assurances..	3,400	

Location du Matériel.

6 Wagons par train, $35^k \times 6 = 210$ $\times 6 = 1260 \times 365 = 459.900 \times 0{,}03$	13,797	
Imprévu........................	1,803	

Service de la Voie.

PERSONNEL.

1 Conducteur....................	1,800	
2 Surveillants....................	3,000	
5 Ateliers de 4 hommes, soit 20 cantonniers....................	12,500	
2 Gardes-barrières. — Route nationale, kilomètres, 1.750......... 10.150	1,500	18,000
Matières diverses Éclairage, outillage.		500

Entretien de la voie.

35 kilomètres à $19.290^f = 675.150$
— — à $16.520^f = 49.560$
742.710

à 2 %.................. =	14,494		
Appareils des stations, 100,000 à 2 %.	2,000		
Terrassements et ouvrages d'art.....	1,506	18,000	18,000
Entretien des bâtiments............			700

DÉPENSES.

RÉSUMÉ DES FRAIS D'EXPLOITATION.

DÉSIGNATION.	Annuelles.	Par kilomètre. De ligne.	Par kilomètre. De train.	Par jour.	Par train.
Administration..............	24,000	686	0,313	65.75	10.96
Traction et matériel..........	57,750	1649	0,753	158.22	26.37
Exploitation................	50,000	1429	0,652	136.98	22.83
Travaux et surveillance.......	38,000	1086	0,495	104.11	17.35
	169,750	4850	2,213	465.06	77.51
Imprévu....................	2,712.50	77.49	0,037	7.43	1.24
Total...........	172,462.50	4927.49	2,250	472.49	78.75

RECETTES.

DÉSIGNATION.	Annuelles.	Par kilomètre. De ligne.	Par kilomètre. De train.	Par jour.	Par train.
Voyageurs. . . . . francs	98,505	2814.43	1,28	269.87	44.95
Marchandises.	122,806	3508.74	1,60	336.45	56,08
Total.	221.305	6323.17	2,88	606.32	101.06

RENSEIGNEMENTS DIVERS.

PRODUIT ET NOMBRE de places offertes et occupées par train.	Voyageurs à parcours total. Nombre.	Voyageurs à parcours total. Produit.	Parcours partiel.	Nombre de places offertes.
Voyageurs. 2e classe à 2f.15	18	38,60	36	52
Voyageurs. 1re classe à 4f.20	2	8,40	4	8
	20	47,00	40	60

Marchandises. 2,100 tonnes par kilomètre de ligne et par an, soit 6t par kilomètre et par jour, soit 210t pour toute la ligne, 420t à 1/2 parcours, ou 70t par train.

Marchandises. A 4 fr. la tonne, parcours total, 14f.56 par train. 28f à 1/2 parcours par train. 56f au 1/4

Résumé des dépenses d'exploitation du réseau de l'Est, en 1867.

Kilomètres parcourus, 21,692,581.

	Dépenses totales.	Par kilomètre.		
Voie.	7,331,586	0f,340	2f,010	
Matériel.	19,118,443	0,880		
Exploitation.	17,144,499	0,790		
Administration.	2,778,103	0,128	0,201	2f,21
Charges de la Compagnie. . .	1,584,103	0,073		

Éléments du décompte de la traction faite pour compte d'une petite ligne, — en ce qui concerne l'*amortissement*.

Coût d'une machine à marchandises (parcours, 25,000k). 51,000 fr.
Tender. 12,000
Outillage. . . . . 500 63,500 fr.

Les trains parcourant 77,000 kilomètres par an nécessitent $\frac{77,000}{25,000} = 3^{mach.}$,08

Soit un capital de 63,500 × 3,08. . . . . 195,580 fr.
Amortissement à 8 %. . . . . 15,640 fr.

Pour la ligne de l'Ornain, il suffira de trois machines :

3 machines à 30,000 fr. . . . . 90,000 fr.
Amortissement à 8 %. 7,200
Économie due à l'emploi des petites machines. . . . . 8,440 fr.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. JULES PETIET

PAR M. EUGÈNE FLACHAT.

Ceux d'entre nous qui reverront la France guérie de ses blessures, transformée par ses malheurs, forte, sérieuse, relevée de ses disgrâces, de ses humiliations et de ses ruines, reprenant dans l'étape incessante de la civilisation le rang qu'elle avait, se demanderont comment elle était si faible après les trente-cinq années de travail qui ont précédé ses désastres.

Les hommes qui, comme Petiet, avaient voué leur existence entière au progrès des grandes industries modernes, qui avaient ainsi contribué au développement de l'intelligence de notre nation, comme de son bien-être, comptaient bien aussi avoir augmenté ses forces, son homogénéité matérielle et morale, et sa virilité.

Que croire? Les plus grandes découvertes scientifiques, bases, pour ainsi dire improvisées, d'immenses moyens de communications des hommes, des choses, de la pensée, loin d'assurer la solidarité humaine, sont-elles seulement un instrument plus rapide et plus puissant pour nous entre-détruire, pour nous asservir à la violence et faire disparaître tout droit et toute merci.

Le doute, seul, serait la plus profonde, la plus amère des déceptions! Petiet ne l'a pas éprouvé un seul instant.

Jusqu'à son dernier jour il est resté inébranlable dans sa foi, et sa foi c'était l'action, c'était le devoir, sans transaction.

Dans les derniers mois de son existence, quand la maladie usait rapidement ses forces, à chaque désastre, il ne laissa percer dans sa conversation aucun doute sur l'efficacité de l'œuvre à laquelle il avait consacré sa vie. Cependant les grands intérêts créés par cette œuvre semblaient n'avoir rien ajouté à nos forces matérielles : loin de là, nos forces morales semblaient s'être engourdies sous l'influence de vingt années d'une paix pendant laquelle le citoyen était resté expressément éloigné de

toute tendance militaire, dégagé par le sacrifice de quelques centaines de francs, de toute pensée, de toute occasion de défendre le pays.

Petiet n'est pas mort découragé. Nous l'avons vu pendant le siége, suivant avec autant de fermeté que de sentiment du devoir toutes les occasions de rendre aux chemins de fer leur activité et reprendre l'enseignement à l'École centrale, qu'il avait si admirablement dirigée.

C'est au caractère de l'homme qu'il faut mesurer l'œuvre et l'utilité de sa vie.

Travailleur ardent, infatigable, l'égal assurément, peut-être le premier parmi les fondateurs des chemins de fer français, Petiet est mort trop jeune. Mais pour ceux qui l'ont vu à l'œuvre, il a tant créé, il a tant accompli, il a, au point de vue technique, formé tant d'hommes, résolu tant de difficultés, écarté tant d'obstacles, il a fait pénétrer autour de lui tant d'activité, sollicité tant de dévouements, gagné tant de confiances qu'il a conquis de son vivant et dans les souvenirs de ceux qui l'ont connu une place exceptionnelle.

Doué d'une force d'initiative peu commune, il exigeait cette qualité dans ceux qui le secondaient, et, lorsqu'il l'avait reconnue en eux, qu'il en avait apprécié la rectitude, sa confiance était complète. Loin de leur reprocher les quelques erreurs toujours compagnes des premiers essais, il soutenait leur courage par des conseils, sans leur rien retirer de leur autorité.

De là la force du groupe d'hommes avec lesquels il a travaillé et qui, l'ayant pris pour modèle, se sont empreints de la qualité dominante de leur guide.

Petiet a mérité la vénération de tous par la rectitude de sa vie, par son esprit d'inflexible justice. Il avait une logique impérieuse, il ne laissait à personne le droit d'hésiter une seconde entre le devoir et l'intérêt : à ceux-là, aux natures incertaines, irrésolues, il tournait le dos sans leur tendre la main ou bien il les congédiait avec une amère plaisanterie tandis que tous ceux, d'où qu'ils vinssent, qui savaient ce qu'ils voulaient, et voulaient être utiles, trouvaient en lui un appui persévérant. Jamais il n'a fait grâce à la paresse, il était inexorable pour la moindre déloyauté. Il méprisait profondément le mensonge.

Petiet avait un courage naturel, à toute épreuve, il l'apportait en tout. Cela réagissait sur ses habitudes qui étaient austères. Il ne transigeait pas sur l'équité et le droit, dans les conseils les plus élevés par l'importance personnelle de ceux avec lesquels il avait à discuter ; c'est aussi un courage, cela, c'est celui des fortes convictions; aussi rappelons que, dans les événements de 1848, il montra une profonde indifférence pour les dangers auxquels son devoir lui prescrivait de s'exposer.

Petiet était un ami sûr; il est vrai que son amitié était difficile à gagner, elle venait de l'estime et de la conformité des idées et des goûts. Son amitié était simple, sans témoignages affectueux, sans protestations,

mais elle était inviolable et toujours active. Il défendait ses amis et était à cet égard presque une exception, maintenant que les renier, au moins par le silence, devant leurs adversaires, est devenu une règle de politesse, pour ne pas dire de conduite.

C'est par cette réunion de grandes et fortes qualités, unies à une certaine rigidité de manières, que s'explique l'autorité considérable que Petiet avait acquise sur ses amis, ses aides, ses subordonnés et sur ses supérieurs. Il ne se faisait d'illusions sur rien et n'en voulait faire à personne de ceux qui lui demandaient conseil, faveur ou concession.

L'éducation de Petiet avait été fortifiée par de grands et beaux exemples, ceux de son grand-père, de son père et de sa mère. Ses études scientifiques furent suivies avec la persévérance et la ténacité qui étaient la conséquence de convictions arrêtées sur le choix de la carrière qu'il voulait embrasser. Il écrivait clairement, simplement, dans un style concis et correct, comme son langage. Il avait de la méthode, Jamais rien de personnel ou d'agressif dans la discussion, mais il lançait volontiers une boutade originale, ou un mot d'ironie spirituelle, qui ramenaient les questions à leur point de vue vrai.

Petiet était essentiellement bon, mais de la bonté la moins banale. Il n'a jamais donné que le sien et il donnait beaucoup. Il encourageait son monde à l'instruction des enfants, il veillait sur l'apprentissage. Il pardonnait des fautes d'inexpérience ou d'inattention. Il congédiait très-difficilement son personnel, mais il ne l'avançait qu'à bon escient; les plus capables et les plus actifs montaient le plus vite. Nous ne disons ici que ce qui appartient au caractère; plus loin, en esquissant la vie de Petiet, nous dirons comment ce caractère a déteint sur ses méthodes d'administration et a su faire de son personnel un des groupes les plus actifs et les plus unis, entre tous.

Petiet est né le 5 août 1813.

Voici ce que Napoléon Ier, qui n'a jamais flatté ceux qui ne pensaient pas comme lui, a dit de son grand-père, ministre de la guerre, sous le Directoire, dans son Histoire des campagnes d'Italie. (*Correspondance de Napoléon*, tome XXIXe, page 294.)

« Les services éminents que le ministre Petiet rendait à l'administra-
« tion de la guerre, le mérite surtout d'être le premier depuis la révo-
« lution qui eût présenté un compte clair et précis des dépenses de son
« ministère, ne le sauvèrent pas de la disgrâce. Cependant, alors comme
« toujours, dans sa longue carrière administrative il s'était fait remar-
« quer par son intégrité. Il est mort sans fortune ne laissant pour héri-
« tage à ses enfants que l'estime qui lui était si justement acquise. »

Le père de Petiet, que plusieurs d'entre nous ont connu et de l'amitié duquel s'honorait celui qui écrit ces lignes, était dans l'administration

de la guerre un homme considérable; ses services étaient fort appréciés.

Petiet entra à l'École centrale en 1829; il y fit de fortes études et il en sortait trois ans après avec deux diplômes, celui de métallurgiste et celui de constructeur.

Dès sa sortie, M. Paulin Talabot le plaça dans les travaux de construction d'une écluse du canal d'Aigues-Mortes; il y resta peu de temps et s'attacha, en 1834, à l'ingénieur dont il devint bientôt le collaborateur, et dont il est resté l'ami pendant le reste de sa vie.

Le puissant concours de Petiet permit bientôt un développement considérable des travaux d'un groupe formé de jeunes ingénieurs tous sortis de l'École centrale, et dont la place s'est marquée depuis au premier rang, dans la profession du génie civil.

Le domaine des applications du génie civil était alors presque fermé par l'administration publique, à l'industrie et aux ingénieurs. Dans les services publics, la construction des canaux était entre les mains de l'État. Il en était de même des ports; les docks étaient vivement disputés, les ponts suspendus étaient minés par des exigences administratives qui devaient rendre leur existence bien courte. Les chemins de fer n'existaient pas encore.

Restaient les applications dans l'industrie. La fabrication du fer commençait une transformation qui réclamait le concours des ingénieurs: les ateliers de construction, l'éclairage des villes par le gaz, les distributions d'eau s'offraient presque seules à l'activité de cette nouvelle profession.

Dix ans de la vie de Petiet se passèrent alors, avec nous, en luttes pour disputer à l'État le domaine qu'il s'était exclusivement réservé dans les travaux publics. Ses études sur les canaux et les docks sont restées[1], et la triste histoire de ces entreprises y est prédite, comme s'il avait eu conscience de l'avenir. Cette lutte ne fut pas du temps perdu, et quand vint la grande découverte des chemins de fer, Petiet avait acquis toute l'expérience nécessaire pour entrer résolûment dans la direction de ces vastes entreprises.

Ces dix années, d'ailleurs, furent activement employées dans l'industrie.

Il est peut-être utile de dire quelques mots de l'organisation du groupe d'élèves de l'École centrale, qui s'était formé autour de Petiet. Elle a laissé des souvenirs qui ont créé un lien puissant entre eux tous. Lorsque l'étude et l'exécution d'un établissement métallurgique étaient demandées, les rôles se partageaient entre eux : l'un prenait les constructions locales, l'autre le règlement des cours d'eau moteurs et les

1. Rapport sur le canal du Rhône au Rhin, in-4°, 1841. — Rapport sur le canal du Berry, in-4°, 1841.

travaux hydrauliques, un troisième la construction des appareils. Chacun des ingénieurs avait sous ses ordres un certain nombre de jeunes élèves sortant de l'École de Châlons. En peu de temps, ingénieurs et conducteurs avaient acquis l'habitude des opérations sur le terrain et les notions du modelage, du moulage, de l'ajustement et du montage des machines; car il fallait tout créer à pied d'œuvre, le seul moyen mis à notre disposition consistant dans le haut-fourneau voisin, d'où devait sortir une grande usine métallurgique.

C'est de cette période de dix années de travail que datent les premières applications de l'air chaud à la fabrication de la fonte, de l'utilisation des flammes perdues des hauts-fourneaux, au chauffage de l'air (Niederbroon, 1835-1836);

De l'installation du puddlage à la houille et des laminoirs dans les forges à marteaux de la Meuse et du Cher (Abainville, Chehery, Vierzon, 1836-1840).

L'ensemble de ces travaux se résume dans le traité de fabrication de la fonte et du fer, qui fut publié par Petiet, Barrault et nous (1846), dans le but de faciliter aux ingénieurs la voie si rude à parcourir que nous avions frayée.

Aujourd'hui que tout cela s'obtient par l'intermédiaire d'ateliers de construction, on ne peut guère se faire l'idée de la somme de travail que nécessitaient ces entreprises; mais on s'explique que cette période de l'existence d'une trentaine d'hommes associés à ce genre de travaux leur ait laissé une légitime fierté de la dureté de leurs commencements.

Aussi étaient-ils prêts pour les chemins de fer, et tous s'y engagèrent avec une grande ardeur.

Petiet s'était, dès l'origine, occupé de l'étude des chemins de fer. Il avait publié une étude sur l'avance du tiroir, qui était un petit chef-d'œuvre et qui fut présentée à l'Institut par le célèbre Arago (je puis en faire cet éloge, parce que ce travail lui appartient exclusivement). Préoccupé des moyens de proportionner l'activité de la combustion dans les foyers des locomotives aux variations du travail, il avait signalé les avantages d'un échappement variable et publié une disposition d'appareil dans ce but. Il préludait ainsi au progrès qu'il devait réaliser plus tard dans les effets à obtenir de la machine. Il était alors, de tous ses camarades, le plus avancé, lorsqu'il entra, le 20 juin 1842, comme ingénieur, chargé de l'exploitation au chemin de fer de Paris à Versailles (rive gauche). Cette Compagnie avait été discréditée et ruinée par l'accident tristement célèbre du 8 mai de la même année; il fallait du courage pour en prendre la direction le lendemain de circonstances aussi graves.

L'étude entreprise par Petiet des questions techniques soulevées par l'acte d'accusation contre la Compagnie du chemin de fer, à la suite de

l'accident du 8 mai, fut une œuvre laborieuse, mais bien remarquable; claire, concise et complète, elle fit comprendre de suite que la direction de cette entreprise était tombée en de bonnes mains. Aujourd'hui encore, cette étude est des plus intéressantes à consulter.

Elle prouve avec une clarté incontestable que l'accident du 8 mai était dû à une force majeure constatée; qu'il ne provenait ni de négligence ni d'oubli; l'absence de toute faute était établie, *magna vi cogente, nulla interveniente culpa.*

Aujourd'hui encore, en face d'accidents dont l'origine est aussi difficile à déterminer, la défense de Petiet doit servir de modèle. Par les soins mêmes que son auteur a mis à faire éclater l'évidence, à ne rien laisser qui ne fût sondé à fond, à ne rien puiser dans le domaine de la technologie, qu'il n'ait amené à un degré de clarté propre à saisir les esprits les moins habitués aux notions spéciales, on aperçoit une profonde volonté de convaincre, un respect réel pour les juges. Cette défense a réussi et l'opinion publique l'a sanctionnée. Elle a, dès lors, placé son auteur en première ligne dans la grande industrie des chemins de fer, et c'est à elle, comme au succès de l'exploitation qui lui avait été confiée, qu'il dut d'être appelé à diriger celle du chemin de fer du Nord.

Le principal trait de la vie de Petiet est certainement la création de cette grande exploitation. Le caractère principal qu'il lui a donné a été l'activité par le progrès technique et l'ordre par un labeur administratif infatigable.

Bien secondé par la confiance des administrateurs, par le concours des camarades et amis du premier jour, qu'il avait appelés à lui, il a conduit résolûment cette entreprise dans une voie de prospérité et de progrès continu. Tous les intérêts, toutes les questions commerciales, administratives et techniques furent soumis à des études approfondies dont le guide était une grande rectitude d'esprit et une forte initiative dans le sens du développement du trafic, de la sécurité de la circulation, de l'économie des transports et de l'ordre qui, seul, permet de compter et de connaître la situation des affaires que l'on conduit.

Nous allons parcourir avec Petiet les phases de cette grande entreprise dont la vie a été la sienne, en commençant par le point qui domina d'abord sa pensée, celui de l'étude du trafic auquel le chemin de fer avait à pourvoir.

D'un côté, l'industrie du territoire à desservir se présentait avec une puissance et des besoins considérables; de l'autre, la constitution de la concession, au point de vue des tarifs, était écrite comme elles le sont toutes, au hasard de traditions administratives dans lesquelles tout ce qui est entrave à l'industrie est perpétué.

Petiet eut bientôt jugé ce système de tarification absolument inapplicable à une contrée manufacturière, et il donna le premier l'exemple des abaissements de tarifs, de 40 à 60 0/0, sur la 3ᵉ classe de marchan-

dises comprenant les matières nécessaires à l'industrie. Ces réductions, qui sont le plus grand des services rendus par les chemins de fer au pays, furent à la fois l'acte le plus éclairé et le plus hardi, et c'est à Petiet qu'on le doit tout entier.

En même temps, et comme conséquence de ces abaissements de tarifs, Petiet organisait le transport des matières sur des données techniques qui assuraient des avantages considérables à la Compagnie, tout en donnant à l'industrie la plus large satisfaction. Cette organisation des transports, à l'aide de puissantes machines et de trains considérables, composés d'un matériel roulant, portant une charge double de celle qui, jusqu'à lui, avait été employée, muni des mêmes ressorts de suspension, de choc et de traction que les véhicules destinés aux voyageurs, est l'œuvre de Petiet et elle lui a survécu; elle a assuré l'usage des tarifs bas et elle est encore le côté par lequel les chemins de fer français n'ont cessé de se montrer supérieurs, en économie des transports et en abaissements de tarifs, à tous les chemins étrangers.

Sans doute, tout n'est pas resté de cette grande entreprise ; pour arriver au maximum d'utilisation de la voie, de la force motrice et des véhicules, Petiet a passé par une série d'efforts, d'inventions auxquelles l'expérience a donné une sanction plus ou moins complète, mais il a constamment progressé et il est arrivé sûrement au but, parce que chaque pas l'en rapprochait.

Un second succès lui est dû dans une autre direction d'idées, c'est l'accroissement de la vitesse de marche des trains de voyageurs obtenue au moyen de la machine Crampton. Il est incontestable qu'avec des trains limités à douze ou quinze véhicules, sur des inclinaisons faibles, cette machine était la meilleure solution du moment.

C'était en 1847 : la machine Crampton n'était point pratiquée en Angleterre où elle n'avait pas reçu les formes et les proportions destinées à la rendre pratique. Petiet en devint pour ainsi dire l'inventeur, par l'étude qu'il en fit faire et par le parti qu'il en sut tirer.

Depuis, et par suite du progrès de la qualité des matériaux et de la construction, on a pu obtenir, d'autres types, des vitesses égales, jamais supérieures mais le succès était acquis, la vitesse est restée, et la machine Crampton a été entre les mains de Petiet l'instrument du plus grand perfectionnement des chemins de fer, celui des trains rapides.

Ce résultat à peine atteint, Petiet profita de sa victoire; il avait la vitesse, il voulut assurer la régularité. A présent, aucun ingénieur ne se doute de l'importance des efforts de notre ingénieur pour acquérir ce qu'il considérait comme la condition *sine quâ non* de toute sécurité, comme la base de l'utilisation du matériel et de l'entreprise entière. Aussi, dès qu'il l'eut obtenue, commença-t-il une création aussi sage que hardie, celle des trains partant en concordance avec les heures de pleine mer, tous les jours à

des heures différentes comme la marée, rapides par-dessus tout, avec peu d'arrêts, dévorant l'espace et avec lesquels il mit Paris à 10 heures de Londres. Les mesures furent si bien prises qu'il n'y a pas encore d'exemple d'un accident causé par un de ces trains, si inquiétants par l'irrégularité de leur départ, mais dont le passage vertigineux était pour ainsi dire écrit sur les rails à la seconde où il devait s'effectuer.

L'alliance de deux services de trains, les uns, à heures variables, les autres, à heures fixes, fréquents et la plupart rapides, porta bien haut le chemin de fer du Nord et son ingénieur dans la considération publique. En France, on fut flatté de ce triomphe qui plaisait à l'imagination.

Ce qu'il y a eu de remarquable dans les progrès que Petiet a fait faire aux chemins de fer, c'est le peu de souci qu'il avait pour le côté brillant des inventions dans les applications de la science. Sa rectitude de jugement ne lui faisait envisager que le but pratique. L'économie conseillait la substitution de la houille au coke dans la consommation des machines; il l'entreprit dès 1853, aujourd'hui elle est générale. Ce fut par les agrandissements successifs des foyers qu'il y parvint. Plus tard, il remplaça avec un succès égal le gros combustible par le tout-venant dans une proportion de 55 0/0 de la consommation totale. Il avait été d'ailleurs le premier à adopter deux importantes innovations recommandées par un de ses anciens collaborateurs et amis, le lavage de la houille pour la fabrication du coke et l'usage des contre-poids pour la stabilité des locomotives en marche.

La clef de tout cela était, avec une profonde connaissance de l'instrument qu'il avait dans la main, une puissance de ressources qui fit de lui l'administrateur le plus intelligent et le plus hardi. Sa méthode était d'ailleurs sûre, parce que Petiet faisait de la statistique un usage très-étendu et très-fécond; il donnait cet exemple à ses chefs de service, il entrait dans les détails, mais toujours en les rattachant à l'ensemble. Personne n'était plus prêt que lui sur les chiffres; il se servait avec une extrême exactitude de la règle à calcul; son travail était d'une rapidité et d'une sûreté surprenantes.

Cette incarnation réelle de toutes les données générales et détaillées qui composaient l'entreprise qu'il dirigeait lui donnait le moyen d'en dominer de très-haut tous les mouvements et les intérêts. Il tenait en estime particulière les notions techniques. Il les exigeait dans les services de la traction et de l'entretien du matériel; il fut le premier à faire entrer des ingénieurs dans le service du mouvement, et toujours il eut à s'en féliciter.

Il vit avec peine la participation active de l'État dans la construction et l'exploitation des chemins de fer, tandis qu'il comprenait son contrôle et le facilitait par tous les moyens possibles.

En toutes circonstances, il a aidé la Compagnie du Nord à conserver la

plus grande somme d'indépendance, et cela, en la tenant d'abord en tête de toutes dans les services à rendre aux intérêts publics, et puis en la montrant plus active, plus utile que celles sur lesquelles l'Administration avait mis la main, après avoir exigé d'elles des sacrifices au-dessus de leurs forces.

Aussi le réseau du Nord a-t-il échappé à la crise qui, depuis l'origine de la construction du second réseau, pèse sur les cinq autres, sans que l'on puisse en entrevoir la fin.

Ce résultat, on peut le dire sans exagération, est dû à la puissante organisation de cette Compagnie, dont le personnel guidé par des principes vrais et par un caractère fortement trempé s'est dérobé à l'étreinte administrative qui enveloppait progressivement l'industrie des chemins de fer.

Nous ne devons pas passer sous silence une des circonstances de la vie de Petiet, qui lui a valu une triste épreuve et qui a montré les difficultés qu'il avait à vaincre. Nous voulons parler du triste accident de Fampoux; ce ne sont pas les circonstances de cet accident, ce sont ses causes qu'il importe de rappeler. Alors on les ignorait, il fallait cependant en trouver. L'opinion publique les demandait, elle exigeait une répression. On en dut imaginer! Les juges s'attaquèrent à tout, à la vitesse, à la longueur du train, à l'attelage de deux machines, etc. Rien ne révèle plus l'inexpérience des juges. Petiet fut condamné à vingt jours de prison. Depuis la lumière s'est faite, la cause de l'accident a été révélée. Petiet n'y était pour rien, et quand il l'a apprise il a eu l'extrême générosité de se taire et d'exiger le silence autour de lui. Nous l'avons tous connue comme lui, et, comme lui, tout en échangeant de douloureuses réflexions sur cette erreur judiciaire, nous avons respecté son généreux silence.

Ici se place une anecdote qui a quelque intérêt : aussitôt la peine prononcée, il y avait eu dans l'opinion une réaction naturelle. Si on condamnait la vitesse, comment marcherait-on désormais? Si on condamnait les rampes, referait-on les chemins de fer? C'était leur condamnation dans le présent et dans l'avenir. Aussi de nombreuses suppliques, secondées par les juges eux-mêmes, incertains et troublés, furent-elles adressées au roi Louis-Philippe pour qu'il fît usage du droit de grâce.

Seul, le ministre de la justice d'alors s'opposait avec l'inflexibilité qui fut toujours dans la nature de ce magistrat, à cette satisfaction légitime; il ne voulait pas avouer ou admettre l'erreur. La sentence était exécutée; depuis trois jours Petiet était en prison. Le Roi voulut voyager dans le Nord, et, pour que sa sécurité fût assurée, la Compagnie demanda l'élargissement de Petiet qui conduisit le Roi pendant ce voyage. Le retour était commencé lorsqu'à un arrêt du train, le Roi étant descendu de voiture, il se trouva seul avec Petiet et engagea la conversation

avec lui. Au moment de se séparer, le Roi lui dit : « On vous a donc condamné? — Oui, sire, et je suis en prison depuis trois jours. — Vraiment! et combien vous en reste-t-il à faire? — Dix-sept, sire. — Ah! je croyais que c'était bien davantage : dix-sept jours, ce sera bientôt passé. » Le Roi était consolé, il n'y avait plus que dix-sept jours! Si la peine eut été de trois mois Petiet eut été gracié. Singulière manière de considérer une condamnation.

Ce n'est pas tout :

Lors des événements de 1848, deux années après, les hommes qui avaient servi la monarchie avec le plus de dévouement se crurent exposés et s'éloignaient pour éviter le danger. Le même personnage qui avait empêché le Roi de faire usage du droit de grâce en faveur de Petiet se présente à son cabinet : il voulait quitter la France et se réfugier en Belgique. Petiet ne paraît pas le reconnaître, et se met à sa disposition, pour lui faire dépasser la frontière en toute sécurité.

Il ne croyait même pas être vengé. Ce magistrat qui lui avait tant fait de mal était un homme convaincu, il le respectait.

Pendant les premières années de l'installation de l'exploitation du chemin de fer du Nord, Petiet fut nommé, pour ses services, chevalier de la Légion d'honneur, et, plus tard, officier de cet Ordre.

En 1840 et en 1851, Petiet publia avec Polonceau, Le Chatelier et nous, les *Guides du mécanicien constructeur et conducteur de machines locomotives*, dont les éditions successives ont largement profité de son concours.

N'oublions pas de mentionner les services qu'il a rendus à notre Société des Ingénieurs civils, qu'il a présidée pendant les années 1853 et 1864; son concours zélé, libéral, le range parmi les fondateurs de cette association qu'il a puissamment soutenue par son influence, ses travaux, et une contribution libérale de sa fortune.

Nous arrivons à la période de l'existence de Petiet, où la prospérité de l'entreprise qu'il dirigeait lui permit d'associer à sa Direction celle de l'École centrale des arts et manufactures. Le groupe d'amis fidèles qui l'entourait était heureux de seconder cette résolution en veillant de plus près encore aux intérêts qui leur étaient confiés.

Petiet se voua, en effet, à cette nouvelle tâche avec une ardeur et un dévouement qui devaient abréger sa vie.

De son côté, l'École ne tarda pas à se ressentir de l'influence de cet esprit éminemment pratique. Petiet avait à peine pris possession de ses nouvelles fonctions, qu'il reconnut aussitôt de quel côté devaient se tourner ses efforts. Depuis la fondation de l'École, le système de son enseignement avait été l'objet de la constante sollicitude du conseil des études et des précédentes directions. Les installations matérielles étaient un peu débordées par les besoins provenant de l'affluence des élèves.

Dès son arrivée à l'École, Petiet se mit à l'œuvre; il apporta dans ses recherches, et dans les projets qui les suivirent, cette vigueur et cette activité qu'il a toujours déployées, alors qu'il voyait un but utile à atteindre. L'École centrale se trouve dans une position tout exceptionnelle; elle doit se préoccuper sans cesse d'une échéance fatale qui exercera, suivant la solution trouvée, une influence heureuse ou redoutable sur son avenir et sur l'état de ses finances. Dans treize ans le bail, qui lui livre la possession de son local, expirera. Qu'adviendra-t-il à ce moment? Petiet avait à cœur de fixer irrévocablement une situation aussi précaire et d'assurer une installation définitive à un établissement dont l'importance est reconnue dans les quatre parties du monde. Ses plans furent rapidement dressés; ils présentaient quelques difficultés d'argent. Ne comptant que sur son activité et sur celle de ses amis, il s'entoura d'un comité d'hommes dévoués à son œuvre. Avec leur concours, et donnant l'exemple du sacrifice, il obtint de tous ceux qui s'intéressaient à l'École des ressources extraordinaires auxquelles nul n'avait songé avant lui. Ce secours inespéré lui permit d'élever immédiatement un buffet avec réfectoire et de séparer les exigences de ce service d'avec les bâtiments réservés aux études. Bientôt après, il entreprit la construction d'un magnifique amphithéâtre qui était vivement désiré depuis quelques années.

Les soins incessants qu'exigeaient de lui ces améliorations importantes ne lui laissaient pas négliger les perfectionnements des études. Ainsi, lorsque la grande enquête agricole fut terminée, en 1869, il fut démontré qu'il y avait urgence à créer en France un haut enseignement de l'agriculture. Les sociétés agricoles, les grands propriétaires, la presse spéciale étaient unanimes à ce sujet. Petiet pensa que l'École centrale se trouvait dans une situation exceptionnelle pour satisfaire à leurs vœux. Il adressa donc au Ministre de l'agriculture un programme d'un enseignement agronomique; mais, convaincu que la France entière était intéressée à cette création, il demanda une subvention. Ce fut là l'écueil qui arrêta la réalisation de son projet. La guerre avec l'Allemagne vint le surprendre au milieu d'une si noble tâche. La profonde stupéfaction dans laquelle nous plongèrent nos échecs, la ruine de notre dignité, de notre honneur, la perte de notre rang dans la civilisation, le désespoir qui envahissait les âmes ne parurent pas éteindre son courage; il n'acceptait pas cette situation : soit qu'il protestât intérieurement contre elle, soit que l'effort pour rester inébranlable sur tant de ruines fût au-dessus des forces humaines, nous l'avons vu s'éteindre rapidement et disparaître d'au milieu de nous au moment où il eût été le plus nécessaire.

Rappelons-nous cette énergique nature, allant droit au but : résolue, vivace, toujours sur la brèche : le plus grand travailleur de notre époque, n'employant d'autre chemin que celui de la vérité, d'autre moyen que

celui de l'accomplissement du devoir, ne désirant pas les honneurs, ne spéculant sur aucune occasion de fortune pour lui-même ou pour d'autres. Simple dans ses goûts, austère dans ses habitudes, ayant par ces qualités groupé autour de lui une phalange de gens de cœur qui étaient fiers de leur chef, bien que plusieurs d'entre eux méritassent de le devenir à leur tour ; rappelons l'œuvre accomplie par lui et reconnaissons que, dans ces quarante années, il a été l'exemple de ce que peut une grande force morale complétée par les qualités qui commandent l'estime.

DISCOURS

PRONONCÉS SUR LA TOMBE DE M. JULES PETIET.

Le 29 janvier 1871.

DISCOURS DE M. DUMAS, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, président du conseil de perfectionnement de l'École centrale, membre honoraire de l'Association des anciens élèves de cette École, membre honoraire de la Société des Ingénieurs civils.

« MESSIEURS,

« A l'époque de la fondation de l'École centrale, il y a quarante ans, tous les professeurs avaient remarqué un élève, le plus jeune par l'âge, le plus mûr par la raison, le premier par le talent ; ils suivaient avec une égale sympathie ses travaux et ses progrès ; ils applaudissaient avec la même chaleur à un succès qui ne s'est pas renouvelé, et qui permettait à M. Petiet, au terme de ses études, de sortir de l'École, un diplôme d'ingénieur dans chaque main.

« De tous ces professeurs qui n'avaient jamais oublié ces brillants débuts, je reste seul aujourd'hui, pour en rappeler le souvenir sur cette tombe ouverte avant l'heure et pour témoigner de l'affection constante avec laquelle ses maîtres avaient suivi

M. Petiet pendant le cours de sa carrière si bien remplie, affection dont il leur avait, de son côté, donné tant de preuves sérieuses et touchantes.

« Ce que nous aimions alors en M. Petiet, ce n'était pas seulement l'élève consciencieux et appliqué, l'esprit ferme et sûr, l'intelligence large et ouverte ; c'était, il m'en souvient encore, le premier exemple, et le meilleur, des résultats que la création de l'École centrale promettait au pays. Si les fondateurs de l'École avaient conservé des doutes pour l'utilité du nouvel enseignement et sur sa fécondité, M. Petiet, par une rare fortune, semblait avoir été créé pour les rassurer dès le début. Comme élève, notre enseignement le trouvait disposé à tout aborder, à tout comprendre, à tout retenir. Comme ingénieur, il se trouva préparé plus tard pour toutes les œuvres, fort contre tous les obstacles, armé contre toutes les difficultés. Ses études lui avaient donné des réponses à toutes les questions, ou du moins lui avaient appris la méthode qui permet de les découvrir par soi-même.

« Ainsi, M. Petiet démontrait, par un exemple irrécusable, que les nouvelles études étaient bien réglées, qu'elles ne dépassaient pas les forces des jeunes gens auxquels elles étaient destinées, et qu'après en avoir atteint le terme, ceux-ci étaient prêts à mettre à profit les leçons de la grande pratique et à prendre bientôt à leur aide une place éminente dans l'industrie du pays.

« Notre rêve, longtemps médité, prenait corps, et M. Petiet réalisait du premier coup, sous les yeux de ses maîtres heureux et surpris, l'image vivante du type de l'élève de l'École centrale, de ce type parfait que nous avons vu si souvent reproduit depuis, qui a été égalé quelquefois, mais qui n'a pas été surpassé.

« C'est ainsi que nous n'avons jamais perdu M. Petiet de vue, et que sa carrière a toujours inspiré l'intérêt le plus paternel à chacun de ses maîtres. Nous savions par son exemple qu'on pouvait réclamer des élèves dans l'École la quantité de travail dont il s'était montré capable lui-même, et que nous pouvions ensuite espérer pour eux les mêmes succès qu'il avait obtenus dans l'industrie.

« En effet, à peine nous avait-il quittés, qu'il déployait et développait toutes les qualités de l'ingénieur, sous les yeux des meilleurs guides, il est vrai, dans ses travaux sur les hauts-fourneaux et la production de la fonte, et dans son concours à l'œuvre du chemin de fer de la Grand'Combe. Lorsque des esprits chagrins nous prédisaient un échec, soutenant que la France n'était pas mûre pour la carrière de l'ingénieur civil, et, qu'en tout cas, mieux valait suivre pour les former le procédé tout pratique préféré par les Anglais, nous pouvions répondre en montrant ce qu'il avait fait. Au milieu des difficultés qui n'ont pas été épargnées à l'École centrale à ses débuts, M. Petiet, sans s'en douter, en poursuivant sa carrière simple, honnête, laborieuse et prospère, était pour nous l'étoile fidèle qui nous dirigeait, qui nous maintenait dans ce chemin bien tracé où l'École a trouvé sa prospérité, où le pays trouvait, de son côté, un élément nouveau de richesse et de grandeur, par l'intervention des ingénieurs civils dans la création et dans la conduite de ses manufactures.

« Je ne rappellerai pas l'utile coopération de M. Petiet dans l'œuvre considérable de l'établissement et de la direction du chemin de fer du Nord. Que pourrait-on ajouter à ce témoignage déposé sur cette tombe, au nom d'un homme illustre, qui semblait reparaître un moment au milieu de nous, pour inspirer les paroles que son digne fils vient de faire entendre, et que vous avez recueillies avec tant d'émotion ? Ceux qui ont connu le baron James de Rothschild, et qu'il a honorés de ses sympathies, savent combien son jugement était sûr, combien toujours sa confiance était

bien placée, son estime méritée, son éloge digne de respect; ils n'oublieront jamais les sentiments que M. Petiet avait inspirés à l'un des meilleurs cœurs, à l'un des plus pénétrants esprits de notre temps. L'École centrale peut les enregistrer avec orgueil dans ses annales.

« Comment oublierait-elle, d'ailleurs, que c'est par suite de cette confiance en M. Petiet, que l'administration du chemin de fer du Nord a appelé sur ses travaux un grand nombre de nos élèves, et qu'ils y ont fait leurs preuves, sous sa ferme et loyale direction? Leur empressement autour de ces nobles restes et leur douleur disent à la fois la grandeur de leur reconnaissance pour leur chef et leur ami, et celle de la perte qui atteint la compagnie à laquelle il les avait attachés.

« Lorsque, par suite de la retraite prématurée de M. Lavallée et de la mort imprévue de son successeur, M. Perdonnet, l'École eut besoin d'un directeur, l'opinion n'hésita pas; elle désigna M. Petiet. Celui qui pendant son séjour à l'École et, plus tard, pendant le cours de sa carrière longue et brillante, s'était toujours maintenu au premier rang, était mieux que personne digne de gouverner un établissement que son ex-émule honorait, et que ses dévouements devaient contribuer à élever encore.

« M. Petiet montra de suite qu'il était fidèle aux traditions de l'École et qu'il entendait les respecter. Personne n'avait au même degré le droit d'en proclamer la sagesse et l'utilité. Il avait vu naître l'École; il en avait sucé le premier lait; dans les occasions les plus importantes, il avait apprécié tout ce que renfermaient de généreux ces premiers aliments de sa jeune intelligence, et ce qu'avait de vigoureux cette première impulsion donnée à son caractère et jamais affaiblie. Il voulut que l'amour du travail, la droiture, la dignité, le respect de soi-même, dont il était l'exemple, fussent pour les élèves les principes de leur propre discipline. Il voulut que l'enseignement, demandant toujours des préceptes à la science et des faits à la pratique, ne méconnût pas que l'École s'est fondée sur la base de cette union intime et constante de la pratique et de la science, dont il ne s'était point écarté lui-même.

« Mais il avait une autre ambition pour l'École, qu'il avait puisée peut-être dans les habitudes que le gouvernement d'une grande compagnie inspire naturellement. Il désirait la voir plus largement installée. Il trouvait que les moyens de travail de ses élèves n'avaient pas grandi, en proportion de leur nombre et des services qu'ils rendent au pays. Il espérait pouvoir un jour lui assurer la possession d'un établissement digne de sa destinée et propre à soutenir la comparaison avec celui des écoles scientifiques, nouvellement fondées à l'étranger.

« Noble et patriotique mission, poursuivie avec une passion vive, communicative et pénétrante, qui se montrait à la fois ingénieuse dans ses moyens et persévérante dans leur application.

« L'École lui doit ce registre ouvert à ses bienfaiteurs, où viendront s'inscrire les dons qu'elle est destinée à recevoir, livre d'or, qui, grâce à M. Petiet, compte déjà un si grand nombre de noms connus et respectés de l'industrie et où figurent au premier rang le nom vénéré de M. Lavallée et ceux de ses enfants.

« S'il n'a pas été donné à M. Petiet de conduire l'œuvre de l'installation définitive de l'École à son terme et si les circonstances cruelles que nous traversons en éloignent l'accomplissement, il en aura du moins posé les bases d'une main ferme, et ses successeurs n'auront qu'à développer ses plans et à les mettre à exécution lorsque es circonstances le permettront.

« M. Petiet aimait la France, chérissait l'École, adorait sa famille. Il s'était accoutumé à contempler la patrie grande et respectée; à sentir l'École prospérer sous sa main; à vivre au milieu des siens, loin du monde et de ses exigences, tout aux affections et aux douceurs du foyer domestique.

« A le voir au milieu de cette fièvre du travail de la plus vaste des administrations, celle du chemin de fer du Nord, à la tête de cette foule agitée d'employés et d'ouvriers, réclamant des ordres précis, de voyageurs pressés et de commerçants ne songeant qu'à leur trafic immense, personne n'aurait deviné que son esprit et son cœur, dominant ces tumultes, demeuraient toujours lucides et calmes, l'un pour régler sans embarras tant d'intérêts croisés et complexes, l'autre pour s'épanouir aux tendres effusions de l'intimité et de la famille. Tous ces succès, toutes ces joies, cependant, devaient se changer en tristesses.

« Nous qui avons été les témoins de ses douleurs dans ces dernières épreuves du pays, nous devions à sa mémoire un témoignage suprême, au nom des intérêts qui ont pris une si grande place dans les pensées de ses derniers jours.

« Oui, ce chemin de fer, que ses soins avaient porté si haut dans l'opinion du monde entier, échappait à ses mains, coupé par l'ennemi; ses gares demeuraient closes, les locomotives éteintes, les wagons au repos.

« Oui, cette École qu'il avait reçue si brillante, tout à coup fermée et vide; ces projets d'installation définitive qu'il poursuivait, tout à coup compromis; sa femme, ses enfants qu'il avait éloignés de Paris, et dont il se séparait pour la première et pour la dernière fois, hélas! ne pouvant lui donner même signe de vie pendant les longs jours du siége; enfin, son neveu, tombant patriotiquement sous le feu de l'ennemi, près de son illustre père, toutes ces émotions, ces secousses l'avaient frappé au cœur.

« Ceux qui avaient chaque jour l'occasion ou le devoir de le rencontrer pouvaient constater avec tristesse les signes infaillibles d'une altération profonde dans cette nature énergique. Non qu'il ait jamais désespéré ni de la patrie, ni de l'École, ni de la Providence sur laquelle il comptait pour lui rendre les siens. Au contraire, c'est lui qui raffermissait les courages ébranlés, et qui nous reprochait nos défiances. Il aimait trop la France pour douter de sa fortune; il chérissait trop l'École pour douter de son avenir; il portait sa famille trop passionnément dans son cœur pour admettre, même un instant, la pensée d'une séparation suprême. Hélas! il ne devait pas la revoir, et son fils lui-même manque à cette triste cérémonie, qui eût encore augmenté son deuil, en lui apprenant par le spectacle de notre douleur, à mesurer mieux encore la grandeur du malheur qui le frappe.

« Oui! c'est une âme noble, généreuse, soumise à tous les devoirs, que la main de Dieu enlève à ce monde troublé, pour la diriger vers l'asile éternel du calme et de la paix. Tous nos regrets l'accompagnent. Le souvenir de M. Petiet demeurera parmi nous comme celui d'un grand ingénieur et du meilleur des hommes; comme celui d'un ami fidèle de l'École, et de l'administrateur éclairé de ses plus chers intérêts.

« Quand ces témoignages des plus vives sympathies de son Conseil, de ses professeurs, de ses élèves, parviendront à madame Petiet et à ses enfants, leur cœur y trouvera la seule consolation digne de leur douleur, l'expression de notre vénération profonde pour la mémoire de l'homme éminent et digne de tous les respects, que sa famille, l'École et la France viennent de perdre!

« En adressant à la dépouille mortelle de M. Petiet un dernier et cruel adieu, je

ne puis me défendre d'exprimer encore un vœu. Puisse le grand exemple qu'il nous a donné demeurer toujours présent au cœur des élèves de l'École ! Puissent-ils s'inspirer sans cesse de cette existence sincère et simple qui ne connut que le droit chemin ! Puissent-ils prendre à jamais pour modèle le chef aimé que nous pleurons tous, et se souvenir qu'il dut tous ses succès à son ardeur au travail, à la pureté de ses sentiments, à la noblesse de son caractère, à la dignité de sa vie, à son culte pour le devoir et son amour pour la justice ! »

DISCOURS DE M. POTHIER, président de l'Association des anciens élèves de l'École centrale, au nom de l'Association amicale :

« Au moment où vont se réunir les familles, les amis, les camarades, que tant d'événements douloureux ont séparés, notre Association amicale des anciens élèves de l'École centrale perd l'un de ses plus constants bienfaiteurs.

« Petiet nous est enlevé lorsque son autorité était plus nécessaire que jamais à sa direction, et quand ses camarades, ses élèves, avaient le plus besoin du concours actif et généreux qu'il aimait à leur donner. Lorsque notre Association fut fondée, en 1862, il eut l'honneur d'être désigné le premier pour la présider. Son esprit d'organisateur sut concourir à la rédaction de nos statuts, au règlement de notre comptabilité.

« Dans nos assemblées, il a constamment été nommé membre du Comité, et lorsque le ministre, en se conformant aux vœux de nos camarades, le désigna à la direction de notre École, ce choix fut acclamé de tous.

« Petiet entra à l'École centrale le 3 novembre 1829, c'est dire qu'il fit partie de la première promotion des élèves sortis en 1832. Sa famille le destinait à l'École polytechnique; un avenir sûr et brillant s'ouvrait à sa jeune intelligence; il n'avait que 16 ans, mais avait lu ce premier programme de l'École, qui porte en titre : École fondée par MM. Lavallée, directeur, Dumas, Olivier, Péclet, professeurs. Sa vocation l'entraînait vers les sciences appliquées, et son caractère vers les fonctions libérales. Après trois années d'études, il obtenait au concours le diplôme dans deux des quatre spécialités : celui d'ingénieur métallurgiste et d'ingénieur constructeur.

« Petiet s'occupa d'abord de travaux de forges, de desséchements, d'études de chemin de fer; en 1842, il était ingénieur en chef du chemin de fer de Versailles (rive gauche); en 1845, il devint ingénieur au chemin de fer du Nord, où il se distingua tout autant par sa grandeur d'âme et son équité, que par le talent de l'ingénieur.

« Le mérite l'avait placé au premier rang et sa bonté le disposait à distinguer ses camarades pour leur être utile. Il sut s'entourer de ceux qu'il avait remarqués, et, en les faisant avancer en même temps qu'il grandissait lui-même dans son adminis-

tration, il donnait à notre Association ce bel exemple d'union et d'estime mutuelles qu'il est si utile d'observer entre nous.

« Petiet, désigné au choix du ministre, par les fondateurs survivants, MM. Dumas et Lavallée, par le Conseil des études et les vœux des anciens élèves, prit avec bonheur la direction de l'École. Il aimait à réunir, chaque année, ses camarades, ses amis, qui, en se retrouvant, en échangeant leurs pensées, ont pu fortifier nos principes d'association.

« Enfin Petiet partageait avec nous tous cette pensée : que l'École ne peut se conserver qu'en entretenant l'esprit traditionnel auquel est due sa prospérité. Il savait que, pour bien la diriger, il était nécessaire de s'y être formé, et que cette direction, qu'il avait acceptée par dévouement, devait revenir, après lui, à l'un de nos camarades.

« Nous lui avons entendu dire que, d'accord avec les fondateurs de l'École, il pensait que son successeur devait être un de ses camarades des premières promotions, membre du Conseil de l'École, et, comme lui, ancien président de notre Association.

« Petiet s'est acquis des droits à la reconnaissance de tous ceux qui aiment l'École, dont il a su sauvegarder et garantir les traditions. Il aimait le travail et nul mieux que lui ne savait apprécier la vie de famille. C'est depuis l'investissement de Paris que, séparé de sa femme et de ses enfants, Petiet a été atteint du mal auquel il a succombé. Dieu seul sait s'il faut en attribuer la cause aux événements ; mais assurément, si une vie si belle, si noblement remplie, laisse parmi nous tant de regrets, que penser de la douleur de Mme Petiet et de ses enfants absents, lorsqu'ils apprendront le malheur qui les frappe ; les marques d'intérêt et de sympathie de ses amis et de ses camarades seront une consolation pour sa famille.

« Au nom de M. Lavallée, de sa famille ; au nom de tous nos camarades absents, je prononce un dernier adieu sur la tombe de Petiet. »

DISCOURS DE M. VUILLEMIN, Président de la Société des Ingénieurs civils, au nom de cette Société :

« Au nom de la Société des Ingénieurs civils, dont Petiet fut l'un des fondateurs et l'un des plus illustres membres, je viens à mon tour, en ma qualité de président de cette Société, donner un dernier témoignage de sympathie à notre collègue, et déplorer la perte immense qu'éprouve le génie civil.

« Élu plusieurs fois président de la Société, Petiet en fut le plus ardent organisateur et le généreux bienfaiteur ; c'est à son initiative et à ses efforts constants que cette Société doit en grande partie la notoriété et l'influence qu'elle s'est justement acquise.

« A peine sorti de l'École centrale, en 1832, comme premier élève, sous le rapport de la capacité et du numéro d'ordre, Petiet apparut dans le monde industriel à

une époque à laquelle la profession d'ingénieur civil était presque inconnue, mais où elle devait prendre bien rapidement un grand essor, grâce à la transformation et au développement que l'emploi de la vapeur allait faire subir à la plupart de nos grandes industries ; grâce aussi, il faut le dire, à la pépinière de jeunes ingénieurs que les Écoles centrales et des arts et métiers mettaient à la disposition de ces industries.

« Je ne puis énumérer ici en détail, il faudrait un long mémoire pour le faire, tous les travaux de l'éminent ingénieur ; je me bornerai à rappeler en quelques mots les principaux.

« De 1835 à 1842, en collaboration avec Eugène Flachat, celui-ci aussi l'un des fondateurs de notre Société et du génie civil en France, Petiet s'occupa de la création et de la transformation d'un grand nombre d'usines métallurgiques dans l'est et dans le centre de la France; c'est grâce aux perfectionnements apportés par ces deux grands ingénieurs aux moteurs hydrauliques, à l'application des moteurs à vapeur, et surtout à l'utilisation qu'ils ont su faire des chaleurs perdues, que l'industrie métallurgique a pris, dans ces contrées, un si grand et un si prompt développement. Ces deux ingénieurs ont aussi été des premiers à donner aux fers laminés ces formes variées, qui ont tellement contribué à répandre l'emploi du fer dans toutes les constructions.

« Enfin, en ce qui concerne cette industrie, MM. Flachat, Petiet et Barrault ont publié, en 1845, un grand ouvrage sur la métallurgie du fer, fort apprécié.

« Dans le même intervalle, Petiet fut occupé à de nombreux travaux de toutes sortes, études et tracés de canaux, de chemins de fer, de docks, constructions d'ateliers, d'entrepôts, d'usines à gaz, etc.

« Appelé, en 1842, à diriger le service du matériel et de la traction sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), après la terrible catastrophe du Val-Fleury, il sut, par son énergie et son esprit d'équité, dégager la responsabilité de la Compagnie, et démontrer par suite de quelles fatales circonstances l'accident s'était produit.

« Après un court séjour au chemin de fer de la rive gauche, dont l'exploitation n'offrait pas un champ suffisant à ses habitudes de travail, Petiet entra au chemin de fer du Nord, comme directeur de l'exploitation. Sur ce vaste théâtre, notre collègue put déployer toute la science de l'ingénieur, l'habileté de l'administrateur et l'activité dévorante qui le caractérisait. Après avoir réuni les divers services de l'exploitation, du matériel et de la traction, vous savez tous à quel degré de prospérité le chemin de fer du Nord est parvenu entre des mains aussi fermes, aussi habiles et aussi honnêtes. C'est à l'initiative de Petiet que l'on doit la création de ces trains nombreux et rapides, qui mettent en quelques heures Paris en communication avec Londres, avec Bruxelles, et avec tout le nord de l'Europe, et de ces énormes trains de marchandises, qui apportent à Paris les combustibles du Nord et de la Belgique, à des prix souvent inférieurs à ceux de la navigation. Puis, lorsque, par suite de cette savante organisation, le trafic a acquis un tel développement que les machines deviennent insuffisantes, l'ingénieur n'hésite pas, il les remplace par de plus puissantes ; c'est ce que Petiet a fait dans ces dernières années.

« En 1840, Petiet publia, avec M. Eugène Flachat, le *Guide du mécanicien, conducteur de locomotives*, qui est devenu plus tard, en collaboration avec MM. Lechâtelier et Polonceau, le *Guide du mécanicien, constructeur de locomotives*, ouvrage tout à fait classique sur cette partie de la grande industrie des chemins de fer.

« MM. Dumas et Pothier vous ont parlé, au nom de l'École centrale, de l'ancien

élève dont la réputation avait acquis une telle notoriété qu'il devait nécessairement en devenir un jour l'habile directeur, et du camarade bienveillant et généreux, toujours disposé à rendre service et à venir en aide à ses collègues. M. le baron de Rothschild, président de la Compagnie du Nord, vous a signalé les obligations qu'il doit à son dévoué collaborateur. — Associé autrefois aux travaux de Petiet, et aujourd'hui président d'une Société à la prospérité de laquelle il a tant contribué, j'ai voulu aussi dire un dernier adieu à l'ami dévoué et à l'illustre ingénieur, et exprimer sur cette tombe les sentiments unanimes de regrets et de sympathie de tous les membres du génie civil.

« Adieu, Petiet, avec l'espoir que nous nous retrouverons un jour dans un monde meilleur; nous conserverons toujours de toi le plus affectueux souvenir. »

DISCOURS DE M. LOUSTAU, agent administratif du chemin de fer du Nord.

« Messieurs,

« Des voix plus autorisées que la mienne vous ont dit tous les services que Petiet a rendus à son pays comme savant ingénieur, comme administrateur habile, comme directeur éclairé d'une de nos grandes écoles; mais il m'appartient peut-être de faire entendre ici quelques paroles pour rappeler à ceux qui le savent, pour apprendre à ceux qui l'ignorent, combien son cœur était bon et généreux. J'ai été à même de l'apprécier pendant une période de quarante-deux années d'intimité, depuis notre entrée à l'École centrale en 1829 jusqu'au jour où la mort est venue le frapper, trop tôt, hélas! pour sa famille, pour ses amis, pour ses collaborateurs et collègues du chemin de fer du Nord, de l'École centrale des arts et manufactures, de la Société des ingénieurs civils et de l'association des anciens élèves de l'École centrale; aucun d'eux n'oubliera l'empressement qu'il mettait à faire le bien, à aider ceux qui étaient dans la peine ou qui avaient besoin de son influence, et c'était toujours sans ostentation, sans chercher un remercîment, sans exiger de la reconnaissance; combien je pourrais compter de bonnes œuvres faites ainsi sans bruit et ignorées du plus grand nombre!

« On sait le dévouement et l'ardeur avec lesquels il travaillait à la prospérité de toutes les institutions auxquelles il était attaché, et on se rappelle le zèle ingénieux avec lequel il cherchait à accroître leurs ressources, prenant toujours l'initiative des mesures qui pouvaient contribuer à leur développement, donnant l'exemple de la générosité, et faisant un noble usage d'une fortune patrimoniale qu'il avait su accroître pendant quarante années de travail ; je rappellerai aussi le bonheur qu'il éprouvait à réunir autour de lui, dans des fêtes de famille, ses vieux amis, ses jeunes camarades de l'association amicale, ses collaborateurs du chemin de fer du Nord et ceux de l'École centrale.

« Tous sont encore une fois près de lui, sauf un seul, son dévoué collègue pendant près de trente ans, retenu loin d'ici par un devoir impérieux, celui d'organiser les transports du ravitaillement de Paris; tous sont venus lui adresser un dernier adieu et remplacer, autour de sa tombe, sa femme et ses enfants que les malheurs du temps ont éloignés, qu'il espérait revoir bientôt et qui auront la douleur de ne plus le retrouver au retour! Que plus tard ce soit une consolation pour eux de savoir tous les témoignages d'affection et tous les regrets dont est entourée la mémoire de celui qui vient de nous quitter.

« Il appartenait à son plus dévoué et plus ancien ami de s'en rendre l'interprète.

« Adieu, Petiet, adieu! »

GERMAIN SOMMEILLER[1]

1815-1871

De Genève à Chamounix on remonte le cours de l'Arve, lequel descend des glaciers pour mêler ses eaux troubles et froides à celles du Rhône qui, en sortant du lac, sont bleues et limpides. Arrivé à Bonneville, où la vallée s'élargit, on aperçoit, dans la direction du nord, de vertes montagnes où se trouve encaissée une fraîche vallée qui conduit au riant village de Saint-Jeoire.

Là, en 1815, alors que l'Europe, fatiguée de gloire et de carnage, commençait enfin à respirer un peu, dans une maison d'humble apparence, se manifesta un va-et-vient insolite, et un vagissement annonça l'heureuse entrée d'un nouveau-né dans le monde. La bonne ménagère venait de donner le jour à un garçon qui fut salué par son père avec des larmes de joie, et à qui l'on donna le nom de Germain.

L'enfant grandit dans cette atmosphère pure qui fortifie le corps, et, atteignant l'âge où l'on commence à étudier, il fut confié à l'abbé Ducrey, qui dirigeait le collége de Mélan. Cet abbé était un bon prêtre, un homme intelligent qui savait prendre par leur bon côté les caractères ardents. Il ne tourmenta jamais notre Germain, qui, de sa nature, était un peu rebelle à la discipline, mais il sut l'élever dans l'amour du bien et du travail. Aussi le jeune homme, devenu grand, se rappela toujours avec reconnaissance les premiers soins que lui avait prodigués ce digne prêtre. Il sortit de cette école pour entrer au collége d'Annecy, afin de se préparer aux études universitaires, qu'il avait l'intention de suivre à Turin, où il vint en effet, en 1835, avec les poches aussi légères que l'esprit, et ayant la ferme volonté de travailler.

Il devait penser un peu à lui-même et beaucoup à ses plus jeunes frères, parce que le pécule paternel était plus que modeste; et, d'ailleurs, depuis cinq ans, déjà, Germain avait perdu son père et sa mère; il eut

1. Extrait de la publication de M. Bignami, par M. Leuba, ingénieur civil.

un moment l'idée de se faire avocat. Remercions le ciel de ne lui avoir pas permis d'aller grossir la phalange de ces éternels bavards qui sont le fléau, dans les parlements, des questions de travaux publics. Le barreau ne plaisait pas seulement à Germain comme une chose qui aiguise l'esprit, en l'obligeant à la recherche et à la controverse, mais spécialement à cause du charme de l'éloquence : pouvoir parler comme feu Cicéron, lui semblait le plus grand mérite que pût envier un mortel.

Pourtant, un instinct mystérieux le poussait vers l'étude des phénomènes de la nature. Il faisait tourner des roues de papier au-dessus de la vapeur qui sortait d'une marmite; il cassait un caillou et regardait dedans; il venait en aide aux paysans, quand ils avaient un bloc à faire mouvoir, et leur montrait avec intelligence comment ils devaient placer la barre qui leur servait de levier. Tout cela, sans doute, était le fruit d'une intelligence éveillée, mais non le signe d'une vocation précise. Je vous le répète, il voulait être avocat et non ingénieur.

Bien que Germain n'eût pas coupé la queue de son chien, comme le fit Alcibiade, il était pourtant quelque peu étourdi et il ne dédaignait pas la vie joyeuse; mais, doué d'un excellent cœur et plein de bon sens, s'il ne fût pas devenu un personnage célèbre, il serait resté à coup sûr un homme utile et probe.

Il s'appliqua à l'étude de la géométrie et de la physique, sans renoncer pour cela à ses chers classiques; et voici ce qui lui arriva.

Après avoir travaillé les mathématiques pendant trois jours, il récapitula mentalement ce qu'il avait appris, et il lui sembla que sa mémoire s'était enrichie d'importantes acquisitions. Il fit le même examen après avoir lu et relu plusieurs chants de l'*Énéide* et il ne trouva plus son compte. Ce détail le frappa et lui dicta une résolution énergique. Abandonnant la carrière du droit, il s'adonna exclusivement aux sciences, conquit le diplôme d'ingénieur, et, comme nous le verrons dans la suite, son esprit, nourri d'Homère et de Virgile, s'accommoda, néanmoins, très-bien du parasitisme des mathématiques.

En 1844, Germain donnait des leçons aux jeunes gens qui se destinaient aux œuvres savantes; il les préparait aux épreuves et leur bourrait la tête de tout ce qu'il faut savoir pour charger un canon et mitrailler son prochain, ou pour piocher un terrain, y cacher une mine et faire sauter en l'air ceux qui se trouvent dessus. Cette profession était assez lucrative, et, à force de voir chez lui des sabres et des épaulettes, Germain se prit à rêver d'Annibal, de César et de Napoléon; il lui prit fantaisie de porter des galons à son bonnet et un sabre à son côté.

Devint-il soldat? — Non. Heureusement pour lui et pour nous.

Le jeune Savoyard raisonnait souvent avec lui-même; un jour, entre autres, il se dit :

Si j'en sais assez pour enseigner à ceux qui apprennent les sciences militaires, et si, peut-être, j'en sais autant que les officiers supérieurs qui

font subir les examens à mes élèves, n'en sais-je pas assez pour être admis comme simple sous-lieutenant?

A cette demande que Germain faisait à Germain, il répondit : Oui.

Notre héros connaissait peu de monde, à cause d'un défaut capital : il était d'une paresse invincible, quand il s'agissait de faire des révérences et de lever son chapeau.

Il fit pourtant sa demande d'admission et elle arriva sur la table de l'Excellence qui gérait les affaires militaires.

Un an s'était écoulé et Germain continuait de donner des leçons.

« Eh bien! Messieurs, où en est ma demande?

— Que voulez-vous, mon cher, il n'y a pas de place vacante.

— Comment? Aujourd'hui même, deux candidats sont venus me demander si je voulais les préparer aux examens?

— Oui, mais, vous savez, ce sont des jeunes gens de bonne famille. l'un est neveu du comte X***.

— Il suffit. »

Quelques jours après cette conversation, un soi-disant protecteur de Germain lui proposa d'entrer comme simple soldat dans une compagnie de pionniers.

Pioche pour pioche, Germain préféra piocher pour son propre compte.

Ceci se passait en 1845, et au ministère de l'intérieur, dirigé par M. des Ambrois, se trouvait un chef de service qui a laissé d'excellents souvenirs : Nous avons nommé M. Antoine Mathieu. Chargé de la formation du corps du génie civil, il pensa d'abord à Germain, qui accepta les humbles appointements de 30 sous par jour. Le nouvel employé fut bientôt distingué par ses supérieurs; aussi, M. Barbarara, cousin du directeur des postes, s'empressa-t-il de l'attacher à son bureau, avec les appointements de 1,000 francs par an.

Un beau jour, le professeur Giulio fut chargé par le gouvernement d'envoyer quelques jeunes ingénieurs en Belgique et appela Germain.

— Pourquoi n'êtes-vous jamais venu me trouver?

Cette semonce bienveillante n'était que trop motivée par la timidité de Germain.

Conclusion :

Huit jours après cette entrevue, les trois ingénieurs Genesio, Grandis et Germain Sommellier partirent de Turin et prirent la route de Belgique.

Vous connaissez maintenant l'ingénieur Sommellier, que la physique sauva du barreau et que l'excellent professeur Giulio envoya dans le pays des machines, où il étudia à fond le problème de l'air comprimé.

Comment et pourquoi Sommellier s'appliqua-t-il tout d'abord et spé-

cialement à cette étude plutôt qu'à telle autre, c'est ce que l'on ignore, mais il est permis de présumer qu'en présence du grand problème déjà posé du passage des Alpes, et des premiers essais faits en 1845, au Valdocco, par l'ingénieur belge, M. Mauss, inventeur d'une machine à percer les tunnels, l'esprit clair et pratique de Sommellier avait déjà en vue l'emploi que l'on pourrait tirer de l'air comprimé pour transmettre la force à une machine devant opérer à 6,000 mètres du moteur initial.

Il ne nous appartient pas de faire l'analyse des différentes machines présentées, dans le même but, par MM. Mauss, Bartlett, Colladon de Genève, Piatti de Milan, comparées à la perforatrice, en fin de compte, perfectionnée par Sommellier et employée par lui au Mont-Cenis, tous ces engins étant suffisamment connus des ingénieurs, et le but de cette note étant une esquisse du caractère et du génie de l'homme, et non une dissertation sur ses inventions et leur application.

Quoi qu'il en soit, les difficultés de toute nature que devait rencontrer la percée d'un souterrain de 12,000 mètres n'avaient pu échapper à Sommellier, qui est arrivé à les surmonter, soit par sa propre intelligence, soit par le concours de circonstances heureuses lui ayant fait connaître les essais déjà tentés sur l'emploi de l'air comprimé, comme moteur, et lui faisant comprendre que c'était là l'aide qu'il lui fallait employer.

Or, il existait, avant 1840, un livre intitulé : *De l'air comprimé et dilaté, employé comme moteur, ou des forces de la nature recueillies sans dépenses et mises en réserve*. La seconde édition de cet ouvrage parut chez Guillaume, à Paris, en 1840.

L'auteur, M. Andraud, s'exprimait ainsi :

« Je me propose d'améliorer les conditions de l'industrie en indiquant l'emploi d'une force immense que la nature a mise partout et avec profusion à notre disposition; une force destinée à changer l'aspect du monde matériel et, conséquemment aussi, celui du monde moral : force qui réside *dans l'expansion de l'air comprimé par l'eau ou le vent.* »

Et, plus loin, l'auteur ajoute :

« J'insiste sur ce point, que la force élastique du fluide qui sert à notre respiration est connue de tout le monde; cette force est une propriété commune, et celui qui prétendrait l'avoir inventée et en demanderait le privilége tomberait dans le ridicule.

« Si jamais on accorde un droit exclusif, ce doit être en faveur de l'inventeur qui aura trouvé de nouveaux engins susceptibles de rendre l'élasticité de l'air applicable à l'industrie. »

Ce livre est à noter, à cause de l'époque où il a été écrit ; il a pour nous une importance particulière, puisque M. Sommellier, comme

d'ailleurs il se plaît à le rappeler lui-même, a longuement médité l'ouvrage d'Andraud et a su profiter des observations qu'il contenait.

Soit donc que Sommellier ait eu personnellement cette idée, soit qu'il l'ait puisée dans l'ouvrage précité ou dans tout autre, il n'en est pas moins vrai que l'emploi de l'air comprimé comme moteur était l'objet de sa pensée constante, comme le prouve M. Enea Bignami dans la relation de la rencontre qu'il a faite de Sommellier à l'un de ses retours de Belgique.

Un jour, en revenant de la Savoie, je descendais les rapides tournants de la route du Mont-Cenis, dans une incommode diligence, en compagnie d'un jeune ingénieur de l'université de Zurich, déjà connu pour des travaux mécaniques. C'était M. Sommellier; il soupirait, comme moi, après le jour où la locomotive nous aurait délivrés de la diligence des Alpes; et, pour tromper l'ennui du voyage, il se mit à m'exposer le système qu'il avait conçu pour procéder à la grande œuvre. La machine à comprimer l'air et le perforateur avaient été surtout l'objet de son attention spéciale.

Il fallait empêcher que l'air, en se comprimant à 5 et 6 atmosphères, ne s'échauffât; il fallait donner au perforateur, mû par l'air comprimé, une légèreté et une mobilité qui permissent de l'appliquer dans toutes les directions, sans rien lui ôter de la puissance qui lui était nécessaire. De là l'invention des compresseurs à colonne d'eau; de là les perforateurs qui, successivement modifiés, ont probablement atteint aujourd'hui leur dernier degré de perfection.

M. Sommellier m'ayant demandé mon avis sur le système qu'il m'avait exposé, je n'hésitai pas, après quelques moments de réflexion, à lui répondre que je le croyais dans le vrai et je l'encourageai, en conséquence, à poursuivre avec confiance ses études.

M. Sommellier, aussitôt arrivé à Turin, s'associa dans ce but avec deux autres ingénieurs, tous deux anciens élèves de l'université de Turin, MM. Grattoni et Grandis, qui, s'étant eux-mêmes occupés de la question, adoptèrent les vues de M. Sommellier. Cette ingénieuse trinité se mit à l'ouvrage, et elle fut bientôt à même de présenter un projet complet et raisonné pour l'exécution de la galerie entre Bardonnèche et Modane.

Le point de départ, pour les moyens d'exécution de ce travail gigantesque, résidait dans l'adoption de tel ou tel système de perforatrice et de moteur.

Or, la perforatrice Sommellier perce avec une vitessse admirable des trous de $0^m,80$: c'est presque un animal vivant qui respire et agit au moyen de l'air comprimé, et qui reçoit continuellement de l'eau afin que le fleuret ne s'échauffe pas et que la poussière de la roche ne blesse pas les yeux des travailleurs.

De même que toutes les créations humaines, cette merveilleuse machine ne sortit pas parfaite des mains de son inventeur.

Un jour, MM. Sommellier et Grattoni causaient ensemble de leur idée d'appliquer l'air comprimé à une machine fixe pour monter les plans inclinés de Busalla. Ils exposèrent leurs plans à Grandis, qui s'en montra enthousiasmé : ce fut alors que prit naissance la collaboration de ces trois ingénieurs qui présentèrent, ensemble, au gouvernement un projet complet.

Les essais furent faits à la Coscia, près de Saint-Pierre d'Avena (avril 1857), en présence de la Commission, présidée par M. des Ambrois, et du comte de Cavour, et ils furent tellement concluants, que le ministère présenta en juin, au Parlement, le projet de loi qui devait assurer l'exécution de cette œuvre que nous venons de voir couronner de succès.

Germain Sommellier, le jeune ingénieur à qui les électeurs d'alors n'avaient pas refusé l'honneur de siéger au Parlement, prit aussi la parole dans la discussion et conclut ainsi qu'il suit :

« Ce qui a été fait à la Coscia m'autorise à dire que la question est résolue, et que nous n'avons plus qu'à mettre la main à l'œuvre. »

Le 29 juin, sur 126 députés présents, 98 votèrent la loi pour l'exécution de la percée, qui fut promulguée le 15 août 1857.

C'est ainsi qu'on consacra une des plus utiles découvertes de la science et que l'on commença les travaux de ce tunnel dont l'exécution fut confiée à Grandis, Grattoni et Sommellier qui devaient et qui ont pu, par un heureux hasard, se compléter l'un l'autre.

M. Sommeiller était le génie mécanique du triumvirat; son esprit classique manquait de cette activité puissante, indispensable pour diriger un travail si colossal : il aurait facilement trouvé tous les engins et obtenu les brevets nécessaires, mais il n'aurait pu, tout seul, pratiquer la percée.

Les aptitudes spéciales de M. Grattoni semblaient l'appeler à la direction d'une entreprise, où s'accumulaient des difficultés de tout genre; et tandis que ses connaissances en mathématiques apportaient au succès de l'œuvre commune un précieux contingent d'idées et de calculs, sa rare capacité administrative en assurait l'exécution pratique.

M. Grandis, durant la phase la plus importante de l'association, fut très-utile au triumvirat par sa science et son activité; il entretint le feu sacré de ses collègues.

Leur position d'ingénieurs du gouvernement, dans le pays où l'œuvre devait s'exécuter, fut la part de chance qui leur échut et qui accompagne toujours le succès.

Certes les efforts de ces trois hommes venaient de remporter un grand succès en obligeant le pays à s'associer à eux, à les suivre dans la

lutte qu'ils allaient entreprendre contre tant de difficultés connues et inconnues; mais que de soucis, que de travaux, que de veilles, combien d'efforts d'intelligence et de persévérance ne fallait-il pas encore produire pour arriver à la victoire complète.

Sans doute ces Messieurs ont trouvé un aide remarquable et un auxiliaire puissant dans l'établissement chargé de la construction de toutes les machines de la percée.

M. Gustave Pastor, directeur de Seraing, se prodigua de toutes manières pour favoriser les essais d'une œuvre qui allait marquer une ère nouvelle et vraiment glorieuse dans l'art de l'ingénieur. Il mit à la disposition de Sommellier ses locaux et son personnel, et fit exécuter ses plans comme s'il eût été lui-même l'inventeur.

M. Jean Kraft, ancien professeur suppléant à l'École polytechnique de Vienne, en Autriche, était alors à Seraing, et c'est à lui que furent spécialement confiées les études des machines de la percée, qui n'eurent pas d'interprète plus prompt, plus exact et plus intelligent, comme le prouve l'application, à Seraing même, des compresseurs à piston mus par la vapeur. Nos trois ingénieurs se rappelèrent toujours avec gratitude les bons procédés de M. Pastor, et le mentionnèrent particulièrement dans le rapport officiel sur les travaux de la percée qu'ils ont publié en 1863; ce document est le plus authentique et le plus complet que puisse consulter quiconque désire se faire une idée exacte des perforatrices.

Dès le début de ses relations avec M. Sommellier, M. Kraft resta émerveillé de son talent, et lorsqu'en 1864 il vint à Turin avec un autre ingénieur de Seraing, M. Hbags, pour étudier les modifications à introduire dans le système de la ventilation du tunnel, l'étonnement de ces Messieurs fut au comble, quand M. Sommellier leur traça au crayon, en quelques minutes, cinq ou six projets d'idées mécaniques, convergeant toutes vers le même but et attestant une puissance d'imagination vraiment prodigieuse.

Une pareille œuvre, telle que celle de la percée du Mont-Cenis, ne pouvait manquer de réussir, dirigée par de tels hommes; mais, quel que fût le degré de confiance qu'on avait en eux, quelle que fût celle qu'ils devaient avoir en eux-mêmes, ne devons-nous pas pênser avec admiration et émotion à toutes leurs luttes, à leurs déboires, aux moments d'angoisses qu'ils ont dû passer pendant cette période de quatorze ans, et n'ont-ils pas dû avoir de terribles heures d'inquiétude entre le 31 août 1857, jour du premier coup de mine, et le 25 décembre 1870.

Or, ce jour-là, cinq heures sonnaient à l'hôtel de ville de Turin, quand un télégramme daté de Bardonnèche apporta la bonne nouvelle :



« Du fond du tunnel,
« A l'ingénieur Sommellier. Turin.

« Il est 4 heures 25', et la sonde passe au milieu du dernier dia-
« phragme de 4 mètres. Nos voix se répondent de chaque côté; cha-
« cun crie : *Vive l'Italie!*
« Venez demain.

« GRATTONI. »

Le lendemain on fut exact au rendez-vous et, vers une heure, on arriva à Bardonnêche.

Sommellier vint serrer la main à son collaborateur Grattoni, et l'inauguration, sinon officielle du moins réelle, de cette œuvre se fit simplement par ces simples paroles de Sommellier à Grattoni :

« Mon ami, lui dit-il, pour l'accomplissement de cette grande œuvre,
« nos deux individualités associées se sont complétées l'une par l'autre.
« Voici ma main; je te demande la tienne. »

Quelle émotion n'ont point dû éprouver les témoins de cette touchante scène devant cette franche et loyale preuve d'estime que se donnaient deux hommes de cœur et de talent, après tant de fatigues et tant de labeurs surmontés en commun.

La grande œuvre était donc terminée, du moins dans toute sa partie difficile, et désormais à l'abri de toute conteste; mais pourquoi a-t-il fallu que le triomphe si justement mérité fût pour lui de si courte durée, pourquoi Sommellier n'a-t-il pas pu jouir plus longtemps du bonheur que doit éprouver un homme de génie, de voir l'œuvre utile qu'il a créée servir à tous et contribuer au bien-être matériel de l'humanité, et pourquoi a-t-il fallu que la journée du 11 juillet 1871 doive être pour tous ses amis une journée de deuil et de malheur?

La mort si inattendue de Sommellier nous a été annoncée, à Turin, par la lettre qui suit :

« Saint-Jeoire, 13 juillet 1871.

« Tu me demandes des nouvelles de notre cher Sommellier : ton an-
« goisse, à la seule pensée de le savoir malade, me fait juger de la
« profonde douleur que tu ressentiras en apprenant qu'il a cessé de
« vivre.

« Oui, avant-hier, vers les deux heures de l'après-midi, cette âme
« si douce nous a quittés; cette vaste intelligence s'est éteinte, laissant
« un riche héritage scientifique et l'œuvre la plus grandiose qu'ait en-
« fantée le génie de l'homme. Il nous disait naguère, encore : « J'ai en-
« core trente années à vivre. » Pauvre ami, il ne se doutait pas alors
« que ses jours étaient comptés.

« En venant à Saint-Jeoire pour revoir sa sœur et l'humble mai-
« sonnette de son père, d'où il était parti si jeune et si pauvre, il tra-
« versa le tunnel pour la première et pour la dernière fois.

« Il est rarement donné aux hommes qui entreprennent de grandes choses de voir leur œuvre achevée; notre pauvre ami aura eu du
« moins cette consolation, et l'Italie reconnaissante n'oubliera jamais
« le nom de Germain Sommellier.

« MM. Grattoni et Borelli accoururent à Saint-Jeoire à la nouvelle
« de sa maladie, mais ils n'eurent point la consolation de le revoir.
« Atteint, d'abord, d'un refroidissement qu'il avait gagné en voyage, il
« partit pour Genève afin de s'y rétablir; mais, à son retour de Suisse,
« il sentit son mal s'aggraver et, après s'être alité pendant quelques
« jours, il expira.

« Toi et moi, nous avons perdu en lui un de nos meilleurs amis, et la
« patrie italienne un citoyen aussi honnête qu'intelligent.

« Tout à toi, H. »

Paris. — VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

C. Partie de l'arsenal hors du fossé d'enceinte.

1 *Logements pour une partie des ouvriers chinois*
2 *Ecole de navigation*
3 *Logements des élèves de cette école*
4 *Hangars pour l'emmagasinage des bois*
5 *Logements d'ouvriers européens.*
6 *Maison du directeur.*
7 *Hôtel de plusieurs mandarins du comité consultatif*
8 *Barraques pour les soldats préposés à la garde de l'arsenal*
9 *Résidence du Commandant du Camp*
10 *Ecole de construction navale*
11 *Residence des élèves de cette école*
12 *Hangars pour l'emmagasinage des bois*
13 *Hôtel du Commissaire impérial et des mandarins surveillants*
14 *Logements d'ouvriers européens*
15 *Salle de Théâtre*
16 *Logements du secrétaire-interprète et du docteur*
17 *Logements de Professeurs et de secrétaires*
18 *Logements des contre-maîtres européens*
19 *Pagode dédiée à la Reine du Ciel* (Déesse protectrice des marins.)
20 *Logements d'ouvriers mariés*

D. Briqueterie.

21 *Logements pour les surveillants et les ouvriers*
22 *Halle du moulage*
23 *Fours à briques ordinaires*
24 *Fours à briques réfractaires.*
25 *Fours à coke.*
26 *Halle de préparation de la terre réfractaire*
27 *Fours à chaux.*

deuxième édition de son *Traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer.*

13° De M. Ronna, ingénieur, un exemplaire de son Mémoire sur l'*État actuel de la métallurgie du plomb en Angleterre, d'après le docteur J. Percy.*

14° De M. Brustlein, membre de la Société, une note sur la *nouvelle pièce de quatre suisse* (traduite et extraite du rapport fait à la Commission d'artillerie fédérale).

15° De M. Barbe, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Usages de la Dynamite.*

16° De M. De Lassalle, des exemplaires de sa notice sur la *Suppression de l'École polytechnique.*

17° De MM. de Ruolz et de Fontenay, membres de la Société, un exemplaire de leur note sur les *Travaux faits par eux en 1854 et en 1859 pour l'amélioration du métal pour bouches à feu en bronze et en fonte de fer.*

18° De M. Stilman, membre de la Société, une description d'un nouveau système de fusil, dit *fusil Stilman Hoff.*

19° *Annales industrielles*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

20° De la *Société des Ingénieurs civils d'Écosse*, leur bulletin du troisième trimestre de 1871.

21° De l'Institution *of Mechanical Engineers*, les numéros du troisième trimestre 1871 de son bulletin.

22° De la *Société industrielle de Reims*, les numéros de son bulletin de septembre et octobre de 1871.

23° De la *Revue horticole*, les numéros du troisième trimestre 1871.

24° De la *Gazette du Village*, les numéros du troisième trimestre 1870.

25° De la *Société des Ingénieurs autrichiens*, les numéros 1 et 2 de 1872, de leur *Revue périodique.*

26° Du *Journal Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, le numéro 9 de 1871.

27° De la *Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne*, le numéro du deuxième trimestre 1871 de son bulletin.

28° Du *Journal d'agriculture pratique*, les numéros du deuxième trimestre 1871.

29° De la *Revue d'architecture*, les numéros 5 et 6 de l'année 1871.

30° De la Revue *les Mondes*, les numéros du troisième trimestre 1871.

31° Du journal *The Engineer*, les numéros du troisième trimestre 1871.

32° De la *Société d'encouragement*, les numéros du quatrième trimestre 1871 de son bulletin.

33° De la *Société de géographie*, les numéros du quatrième trimestre 1871 de son bulletin.

34° De la *Société nationale et centrale d'agriculture*, le numéro de juillet 1870 de son bulletin.

35° *Des Annales des chemins vicinaux*, les numéros du deuxième trimestre 1872.

36° De la *Revista de obras publicas*, les numéros du troisième trimestre 1872.

37° De la *Revue des Deux Mondes*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

38° Du journal *le Moniteur des travaux publics*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

39° Du *Journal de l'éclairage au gaz*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

40° Du journal *le XIX*e *Siècle*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

41° Des *Annales du Génie civil*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

42° Du *Journal des chemins de fer*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

43° Du journal *le Cosmos*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

44° Du *Génie industriel*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

45° Du journal *la Semaine financière*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

46° Des *Annales des Conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros du troisième trimestre 1871.

47° Des *Nouvelles Annales de la construction*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

48° Du *Portefeuille économique des machines*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

49° Du journal *la Houille*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

50° Des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

51° De l'*Union des charbonnages, mines et usines métalliques de la province de Liége*, les numéros du quatrième trimestre 1871 de son bulletin.

52° Du journal *Engineering*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

53° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

54° *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne*, le quatrième numéro de son bulletin de 1871.

55° *Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube*, le tome VIII de la quatrième série de son bulletin.

56° *Institution of civil Engineers*, le numéro de leurs minutes of Proceedings de 1871.

57° *Société des Ingénieurs anglais*, le numéro de leurs transactions pour l'année 1871.

58° Du *Comité des forges de France*, les numéros 71, 72, du bulletin.

59° De la *Société industrielle de Mulhouse*, le numéro de novembre 1870 de son bulletin.

60° De l'*Association des anciens élèves de l'École de Liége*, les numéros 13 et 14 de 1871 de son bulletin.

61° Des *Annales des mines*, les numéros des 10e, 11e et 12e livraisons de 1871.

62° De la *Revue universelle des mines et de la métallurgie*, les numéros du quatrième trimestre 1870.

63° De l'*Aéronaute*, bulletin international de la navigation aérienne, les numéros du deuxième trimestre 1871.

64° Du *Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

65° *Société impériale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille*, le numéro du premier trimestre 1870 de son bulletin.

66° *A Magyar Mémök-Egyesület Közlonye*, les numéros du quatrième trimestre 1871.

67° De la *Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers*, les numéros de son bulletin du quatrième trimestre 1871.

68° De la *Société Vaudoise des Sciences naturelles*, les numéros de janvier et février 1871 de son bulletin.

69° *Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre*, les numéros 13, 14, 15, 16, 17 et 18 de 1871 de leur bulletin.

70° *Société des Arts d'Edimburgh*, le troisième numéro de 1871 de son bulletin.

Les Membres admis pendant ce trimestre sont :

Au mois de novembre :

MM. Bertrand, présenté par MM. Boire, Cornaille et Rey.
Billieux, présenté par MM. Flachat, Collet, et Guérin de Litteau.
Cotard, présenté par MM. Brüll, Champouillon et Molinos.
Delarivière, présenté par MM. Boire, Cornaille et Rey.
Monier, présenté par MM. Boire, Cornaille et Rey.
Petit (François), présenté par MM. Callon, Tresca et Vuillemin.
Petit (Germain), présenté par MM. Callon, Tresca et Vuillemin.
Wiart, présenté par MM. Boire, Cornaille et Rey.

Au mois de décembre :

MM. Gillotin, présenté par MM. Dieudonné, Guébhard et Vuillemin.
Janicki, présenté par MM. Brüll, Champouillon et Chobrzinski.
Léger, présenté par MM. Boistel, Leygue et Tresca.
Verrier, présenté par MM. Armand, Maldant et Schabaver.

Comme Membre associé :

M. Chavassieu, présenté par MM. Brüll, Péligot et Reymond.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU

IVe TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1871

Séance du 6 Octobre 1871.

Présidence de M. Desgrange, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 15 septembre est adopté.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Chabrier relative aux rapports de la Société avec les conseils généraux.

Après quelques explications données par M. Chabrier et quelques observations présentées par M. le Président et M. Goschler, les propositions contenues dans cette lettre sont renvoyées au Comité pour y être examinées.

M. P. Thomas donne lecture du rapport de la Commission chargée d'étudier les améliorations à apporter à la vicinalité en France.

M. Chabrier croit qu'il y a lieu de chercher à obtenir de quelques conseils généraux au moins, que l'agent voyer cantonal soit reconnu avec le titre d'ingénieur rural, l'autorisant à faire des travaux en dehors de son service public. Il propose de publier ce rapport, d'y joindre les différents mémoires présentés à la Société depuis que cette question est à l'étude, et de préparer une lettre d'envoi signée par le Président de la Société.

Cet ensemble serait envoyé à tous les conseils généraux et aux membres de la Société habitant la province.

M. le Président croit que cette marche est bonne et propose à la Société d'adopter ces conclusions.

M. le Président appelle ensuite les diverses questions à l'ordre du jour.

Aucun des membres inscrits n'étant présents, M. le Président invite les membres qui auraient des communications à présenter de vouloir bien prendre la parole.

M. Goschler donne quelques détails sur la construction du tunnel du Mont-Cenis qu'il a visité au mois de mars.

Il a constaté une absence presque complète de ventilation et il a seulement remarqué des courants très-faibles dans les deux directions.

Un Membre attribue ces changements de direction à l'influence des vents. L'orientation du tunnel est exactement du nord au sud.

M. Goschler fait encore remarquer qu'à cette époque les ingénieurs chargés de la construction avaient l'intention de conserver provisoirement leur installation de compression d'air, pour activer le renouvellement d'air s'il était jugé insuffisant.

M. le Président ajoute que ce défaut de ventilation tenait probablement à ce que la section n'était pas encore agrandie en certains points.

M. Brüll a lu un compte rendu d'un voyage à travers le mont Cenis dans lequel le tunnel a été parcouru en trente-cinq minutes avec trois locomotives.

Dans ce trajet, la ventilation a été reconnu suffisante.

M. Demimuid donne quelques renseignements sur l'état d'avancement de l'hôtel. Il espère que la Société pourra s'y installer au mois d'avril prochain.

Séance du 20 Octobre 1871.

Présidence de M. Desgrange, *Vice-Président.*

Le procès-verbal de la séance du 6 octobre est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. Bertholomey.

M. Mallet donne quelques détails sur les chemins de fer à crémaillère, du système Riggenbach; il regrette que le temps extrêmement court qui lui est accordé ne lui permette que d'esquisser les particularités essentielles de ce système; mais il tient à ne pas retarder davantage sa communication. Les chemins de fer du Rigi et d'Ostermundingen, qui en font le sujet, sont encore à peu près absolument inconnus en France, et la Société des Ingénieurs civils, qui fait autorité dans les questions de chemins de fer, a le droit d'être, la première, mise au courant de tout ce qui intéresse cette branche de l'art de l'ingénieur.

M. Riggenbach, ingénieur du matériel de la traction du chemin de fer central suisse, a appliqué la crémaillère à l'ascension des très-fortes rampes dans des conditions toutes spéciales. Le premier chemin de fer construit en Europe suivant ce système est celui du Rigi, inauguré le 23 mai 1871.

Le Rigi est, comme on le sait, une montagne isolée qui domine le lac des Quatre-Cantons, et du sommet de laquelle on jouit d'un panorama incomparable comme étendue et comme variété, notamment sur la chaîne de l'Oberland; le Rigi, couvert de splendides hôtels, est visité annuellement par 40 ou 50,000 voyageurs.

L'ascension, sans être absolument difficile, est encore assez pénible ; elle exige à peu près quatre heures et ne peut se faire qu'à pied, à cheval, ou en chaise à porteur, pour les personnes qui ne peuvent supporter les deux premiers modes de locomotion.

Transporter le touriste au sommet en moins d'une heure, sans aucune fatigue, et cela sans lui faire perdre la moindre partie de la vue qui fait le principal attrait de l'excursion, était évidemment un problème intéressant ; mais il fallait pour le résoudre des moyens spéciaux.

En effet, la différence de niveau à franchir est de plus de 1500 mètres ; l'emploi des rampes les plus fortes usitées actuellement eût nécessité un développement de 40 kilomètres au moins, impossible à trouver ; le tracé se déroulant sur le flanc du rocher avec de nombreuses courbes ne permettait guère l'emploi de systèmes funiculaires. Il faut d'ailleurs remarquer que presque tout le trafic se fait à la montée, car il y a plus de voyageurs pour monter que pour descendre (parce que la descente est plus facile et que beaucoup de personnes éprouvent encore une certaine appréhension pour la descente en chemin de fer), et tous les approvisionnements viennent d'en bas.

Le chemin part de Vitznau sur le lac des Quatre-Cantons, où abordent les bateaux à vapeur amenant les voyageurs de Lucerne en trois-quarts d'heure ; il aboutit actuellement à la limite des cantons de Lucerne et de Schwitz, un peu au-dessous du Rigi-Staffel. La longueur entre ces deux points est de 5,340 mètres ; la partie qui reste à faire jusqu'au Rigi-Kulm, soit 3 kilomètres à peu près, dont l'exécution a été retardée par les difficultés que le gouvernement de Schwitz a faites pour accorder la concession, pourra être mise en exploitation la campagne prochaine.

La différence de niveau entre Vitznau et le point extrême actuel de la ligne est de 1200 mètres ; il a donc fallu recourir à l'emploi d'une rampe continue, variant de *dix-neuf à vingt-cinq centimètres par mètre*, et qui n'est interrompue que par les paliers sur lesquels sont établies les stations de Vitznau, du Kaltbad et du Staffel.

Il y a sur la ligne deux ouvrages d'art, un tunnel de 80 mètres et un viaduc en tôle sur le Schurtobel, de la même longueur. Ce pont a trois travées formant une ligne brisée, dans laquelle s'inscrit la voie en courbe de 180 mètres de rayon ; il est établi avec une inclinaison de 25 pour cent (M. Mallet met sous les yeux des membres de la Société des photographies qui donnent une idée parfaitement exacte du pont, de la voie et du matériel roulant).

La voie se compose de deux éléments : la voie proprement dite, formée de rails légers, 16 kilogrammes et demi par mètre courant, est posée sur des traverses reliées par de fortes longrines, le tout formant un grillage solidement enraciné dans le sol. La crémaillère centrale, portée sur une longrine, est faite de deux fers laminés à rebords, entre lesquels sont comprises les dents ; celles-ci, rivées en dehors des fers, ont leur profil formé par un arc de développante. Dans les parties en courbe, la crémaillère a été d'une exécution plus difficile à cause de la convergence des dents ; aussi, pour simplifier l'exécution, a-t-on adopté pour les courbes un rayon uniforme de 180 mètres.

Les trains ne se composent que d'une machine et d'un véhicule, voiture à voyageurs ou wagon à marchandises.

Les machines sont portées sur quatre roues de petit diamètre et pèsent douze tonnes et demi en service ; elles portent leurs approvisionnements et de plus une caisse servant de fourgon à bagages.

La chaudière est verticale, pour éviter les dénivellations qui se fussent produites dans une chaudière ordinaire de locomotive en passant d'une partie de niveau à une rampe de 25 pour cent. La chaudière est verticale dans la position de marche habituelle, c'est-à-dire sur rampe, de sorte que sur les parties de niveau la machine présente un aspect des plus singuliers.

Les cylindres, de 270 millimètres de diamètre et 400 de course, actionnent un arbre portant des pignons qui engrènent avec des roues dentées calées sur l'essieu d'arrière de la machine (l'arrière étant toujours pris pour la partie la plus basse sur rampe); c'est cet essieu qui porte la roue dentée en acier Krupp, qui engrène avec la crémaillère; les roues de support sont libres sur les essieux.

L'essieu d'avant porte aussi une roue dentée engrenant avec la crémaillère, mais cette roue ne sert que de guide et de frein. L'essieu d'avant et l'arbre moteur sont munis à cet effet de poulies à gorge cannelées, sur lesquelles on fait à volonté agir des mâchoires constituant un frein des plus énergiques; de plus la machine est munie d'un système de frein à air qui sert exclusivement à modérer la descente, les freins à main servant pour les arrêts aux stations.

Le wagon à voyageurs est porté sur deux essieux, dont l'un est muni d'une roue dentée engrenant avec la crémaillère et de poulies à frein. Il n'y a pas d'attelage entre la machine et le wagon; la première pousse le wagon à la montée et le retient à la descente. Grâce à cette indépendance, le garde-train est maître de son wagon et peut l'arrêter en cas de besoin, indépendamment de la machine.

Les voyageurs sont assis regardant en arrière; l'inclinaison de la voiture fait qu'ils sont placés en amphithéâtre et ne se gênent nullement pour la vue. Les cloisons des bouts sont fermées par des glaces et ne laissent rien perdre du panorama qui se déroule au-dessous du train pendant l'ascension.

Les voitures contiennent 56 places; mais les jours d'affluence on y met jusqu'à 100 personnes assises ou debout.

Le wagon vide pèse 4000 kilogrammes. On peut admettre que le poids d'un train normal, machine et voiture chargée, est de vingt tonnes et demi.

Ce poids, élevé à la hauteur de 1200 mètres en 48 minutes (durée du trajet, déduction faite des arrêts), soit à une vitesse verticale de $0^m,42$ par seconde, représente un travail théorique de 115 chevaux-vapeur.

Le chemin du Rigi a transporté, du 23 mai au 31 août, 43,000 voyageurs et 10[illegible] tonnes de marchandises, donnant une recette brute de 181,000 francs.

Il a coûté 1,125,000 francs.

Les résultats que la période indiquée permet d'espérer pour la campagne totale (jusqu'à la fin d'octobre) semblent indiquer la réussite financière de l'affaire, surtout si l'on remarque que l'année a été peu favorable soit à cause du temps, soit à cause des circonstances politiques.

M. Riggenbach a fait une seconde application de son système dans des conditions différentes à un chemin de fer qui relie les carrières d'Ostermundingen à la ligne du chemin de fer de Berne à Thoune.

Ce chemin n'a que trois kilomètres de longueur; mais il présente une rampe de 10 centimètres par mètre sur une longueur de 500 mètres, comprise entre deux parties de niveau. Il n'existe de crémaillère que sur la rampe; la machine est disposée pour fonctionner par simple adhérence sur les parties en palier.

La voie est la voie ordinaire avec rails du Central-Suisse; la crémaillère est plus légère que celle du Rigi, les côtés se composent de simples cornières et les dents de

fer rond. La machine pèse 16 tonnes, elle est portée sur quatre roues ; la chaudière est une chaudière ordinaire de locomotive, mais avec des tubes très-courts.

Les cylindres, qui ont les mêmes dimensions que ceux des machines du Rigi, actionnent un faux essieu qui commande par engrenages un arbre portant la roue dentée en acier qui agit sur la crémaillère ; mais ce qui distingue la machine de celle du Rigi, c'est que le faux essieu commande par des bielles d'accouplement les roues d'arrière et détermine ainsi la progression par simple adhérence. Seulement, comme il serait difficile qu'en pratique le chemin parcouru sur les rails par les roues motrices correspondît mathématiquement avec le chemin parcouru par le cercle primitif de l'engrenage avec la crémaillère, pour éviter le patinage des roues motrices qui en fût inévitablement résulté, M. Riggenbach a eu l'idée d'interposer, entre les manivelles d'accouplement et les roues, un système d'embrayage permettant de rendre les roues solidaires de l'essieu ou de les laisser tourner indépendamment lorsqu'on se sert de la crémaillère.

Le système des machines est des plus intéressants en ce qu'il aborde la question d'une manière plus générale qu'au Rigi, en permettant d'intercaler des rampes très-fortes entre des parties de niveau.

Le chemin d'Ostermundingen n'a été inauguré que le 6 octobre. M. Mallet tiendra la Société au courant des renseignements que M. Riggenbach a promis de lui envoyer sur l'exploitation de cette voie ferrée.

Il ne veut pas terminer sa communication sans signaler le cordial accueil qu'il a reçu de M. Riggenbach, auquel il s'est présenté sans autre titre que celui d'ingénieur et de membre de la Société, et l'extrême obligeance qu'il a rencontrée chez lui.

M. Mallet aurait été heureux, si le temps le lui eût permis, de parler à la Société des choses très-intéressantes qu'il a vues dans sa visite aux ateliers du Central-Suisse, à Olten, dirigés par M. Riggenbach.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Brüll sur un dock flottant à air comprimé et à flotteurs latéraux, système Janicki.

M. Brüll rappelle l'intéressante communication que M. Mallet a présentée à la Société dans sa séance du 6 septembre 1867 sur les appareils pour la mise à sec des navires à l'Exposition universelle de Paris. Cette question prend chaque jour une importance plus grande ; M. Brüll a été amené à l'étudier à l'occasion de l'examen d'un nouveau système de dock flottant inventé par M. Janicki. Il se propose de passer rapidement en revue les quatre classes de procédés employés pour soulever les navires, de décrire ceux de la quatrième classe à laquelle appartient l'appareil nouveau, et de faire connaître la construction du dock Janicki en le comparant aux types analogues.

Le premier comprend l'abattage en carène, l'échouage sur un fond de vase ou de sable, et les grils de marée. Ces procédés simples et économiques ne conviennent pas aux navires à vapeur d'un certain tonnage. Ils rendent chaque jour sans cesse dans les ports des services précieux, mais fort limités.

Les formes sèches ou bassins de radoub constituent la seconde classe des procédés d'asséchement. Il est donné des renseignements sur les conditions d'établissement, sur les prix de construction et sur l'utilisation de plusieurs ouvrages de ce genre. Voici la conclusion qui ressort des faits examinés :

On voit par ces exemples que, s'il est possible dans certaines situations de creuser

économiquement des formes sèches, il y a par contre des localités où il est pratiquement impossible d'établir un bassin de radoub convenablement étanche et susceptible de conservation. Dans bien des cas les difficultés rencontrées ou le luxe de la construction sont tels que le travail dure des années et coûte plusieurs millions. Il ne peut convenir qu'à un gouvernement, et même un gouvernement riche, d'entreprendre de semblables ouvrages dont on ne tirera jamais un revenu en rapport avec le prix de premier établissement.

Le troisième groupe comprend les cales de halage de divers systèmes. Les exemples qui sont rapportés permettent de conclure que la cale de halage constitue quelquefois une solution très-avantageuse, mais qu'il est aussi des situations où la construction en est difficile et coûteuse tout en ne fournissant qu'un moyen peu commode et peu sûr d'assécher un petit nombre de navires.

On a rangé dans la quatrième classe les appareils dans lesquels le navire est directement soulevé suivant la verticale. Cette classe comprend les docks flottants et les docks à plate-forme élévatoire. Le type de ce dernier genre d'installation est le dock hydraulique de Clarke établi en 1857 aux *Victoria-docks* à Londres. L'une des parties les plus ingénieuses de cette invention, c'est l'emploi de chalands en tôle aménagés pour recevoir les navires et pour être soulevés par le dock. Ces chalands sont des caisses rectangulaires ouvertes par le haut, ayant tous la même largeur, légèrement inférieure à celle de la plate-forme du dock, et dont les longueurs et les tirants d'eau sont variés pour répondre aux dimensions et au poids des navires à assécher. Les parois sont consolidées longitudinalement et transversalement par des poutres pleines en fer qui partagent le chaland en compartiments étanches.

On choisit un chaland de dimensions appropriées, on l'amène dans le dock et on le coule sur la plate-forme en y laissant entrer l'eau. On fait descendre la plate-forme et le chaland à la profondeur voulue pour recevoir le navire flottant. On amène alors celui-ci entre les deux colonnades et on l'arrime au centre. Les pièces hydrauliques jouent, et le chaland vient bientôt s'appliquer sous le navire. La plate-forme et le chaland, supportant le navire, sont ensuite soulevés jusqu'à ce que le chaland ait son fond hors de l'eau. Celui-ci se vide par des soupapes de fond que l'on referme aussitôt. On laisse alors descendre tout l'appareil, et le chaland flottant avec le navire est retiré du dock. Huit bassins de 6 pieds seulement de fond, entourés d'ateliers de toute sorte, sont disposés pour recevoir les chalands chargés.

L'appareil Clarke coûte.	625,000 fr.
Les sept chalands que comporte le matériel employé aux *Victoria-docks* coûtent.	1,029,000
Les constructions et bassins ont coûté.	536,000
Ce qui fait un total de.	2,190,000

Le dock hydraulique fonctionne d'une façon satisfaisante et il a levé des milliers de navires; mais il est difficile d'occuper à plein une installation aussi grandiose, même dans un port très-fréquenté, et d'en tirer un revenu rémunérateur de l'important capital engagé.

Les docks flottants ont été construits en grand nombre et d'après les types les plus variés. M. Brüll donne la description et l'historique de plusieurs systèmes et le prix d'établissement de quelques-uns.

On a établi en 1844, à Bordeaux, à Marseille et au Havre, des docks flottants en

bois de petites dimensions, consistant en une caisse dont l'un des bouts est fermé par une porte et dont les murailles sont creuses.

Les *sectionals-docks* en bois des Américains sont très-répandus. Ils se composent de tronçons formés chacun d'un ponton inférieur et de deux hautes charpentes latérales entre les montants desquels sont guidés des flotteurs que des machines font monter ou descendre par rapport au ponton qui s'émerge ou s'immerge. Ces docks sont souvent reliés à un système de chemin de fer, sur lequel on met à sec les navires. On trouve entre autres ces docks à San-Francisco et à Philadelphie. Ce dernier lève des navires de 5,800 tonnes de déplacement; il a coûté 4,270,000 fr. On cite plusieurs échecs subis dans l'établissement de ces docks, notamment au Callao; on les attribue à l'indépendance des tronçons et à l'emploi du bois dans la construction.

M. Bramwell a construit un dock en fer de ce système, mais dont les tronçons sont reliés entre eux par des poutres en treillis ayant toute la largeur du dock, pour l'île Saint Thomas, dans les Indes occidentales. Ce dock pèse 3,450 tonnes, ce qui lui donne une valeur d'environ 2,500,000 fr.

On trouve aussi en Amérique beaucoup de docks en bois nommés *balance-docks.* Ce sont des pontons munis de deux murailles latérales à doubles parois continues; les extrémités peuvent être fermées par des portes pour soulever les navires du plus fort tonnage que comportent les dimensions. Dans ce cas, lorsque le navire placé dans la forme flottante a été en partie soulevé par l'épuisement du ponton, on évacue dans celui-ci l'eau de la forme. Les ports de la Havane, de New-York, de Charleston, de Savannah, de Mobile, de la Nouvelle-Orléans, de Pensecola dans le golfe du Mexique et de Portsmouth dans le New-Hampshire, sont pourvus de *balance-docks.* Le dock de la Havane a coûté 2,500,000 fr.; celui de Pensecola 2,961,600 fr. On en a construit un à Venise pour l'arsenal de Pola; il est relié à deux voies de fer pouvant recevoir chacune deux navires.

MM. Randolph et Elder de Glascow ont construit en fer plusieurs docks analogues dont la section transversale a la forme d'un U. Deux de ces docks ont été expédiés en pièces et montés au Callao et à Saïgon; ce dernier pèse 2,800 tonnes, ce qui en porte la valeur à plus de deux millions. Un autre a été remorqué à Surabaya de Java; mais il a coulé parce qu'on a commis la négligence de l'immerger avant que le bord ait été rendu complétement étanche.

MM. Campbell Johnstone, de Woolwich, ont construit l'énorme dock flottant des Bermudes pouvant lever des navires de 10,000 tonnes. Ce dock, muni de façons à l'avant et à l'arrière, a pu être remorqué à destination. Il a coûté 6,500,000 fr.

MM. Rennie ont livré au gouvernement espagnol deux grands docks flottants en fer pour Carthagène et pour le Ferrol. Ils ont coûté chacun quatre millions de francs.

M. Delacour a dressé un projet de forme flottante en fer pour le port de Bordeaux. Elle était destinée à la visite et à la réparation des paquebots à roues de la ligne du Brésil. Il n'a pas été exécuté.

Le dock de M. Janicki consiste essentiellement en un ponton inférieur, surmonté sur sa longueur de deux doubles fermes en treillis, avec flotteurs latéraux se mouvant entre les montants verticaux de ces fermes. L'élément caractéristique du système consiste à chasser l'eau du ponton par l'air comprimé, au lieu de l'épuiser à l'aide de pompes. Déjà ce procédé a été appliqué à un dock établi à Copenhague, et M. Bramwell avait désiré l'employer pour le dock de Saint-Thomas. Mais il craignit

de ne pouvoir éviter les échappements brusques de l'air comprimé qui pouvaient faire chavirer le dock.

Le ponton ressemble à un chaland Clarke renversé; il n'a pas de fond inférieur et il est divisé en compartiments. L'air refoulé par une pompe à vapeur qui peut être placée sur un chaland séparé est envoyé dans le ponton par un tuyautage muni d'une soupape à l'entrée dans chaque compartiment. Des tubes de sûreté, débouchant à leur extrémité inférieure près du plan inférieur du ponton et à leur extrémité supérieure dans l'atmosphère, s'opposent à tout échappement par-dessous les flancs du ponton; cette disposition rend sans danger l'emploi de l'air comprimé.

On conçoit aisément que le ponton à air comprimé est beaucoup plus léger qu'un ponton de dock ordinaire, puisqu'il n'a pas de face inférieure et que les cinq autres faces, ayant bien moins de pression à supporter, peuvent être beaucoup plus minces. On peut obtenir la même économie que dans les chalands qui forment les accessoires de l'appareil Clarke, soit construire un ponton de 3,000 tonneaux pour 270,000 fr., tandis qu'un ponton fermé de même tonnage coûte près de deux fois autant.

A droite et à gauche du ponton inférieur, courent deux longues fermes en treillis d'une grande hauteur, qui servent à y relier les caissons latéraux qui procurent au dock sa stabilité. Chaque ferme est double et présente des montants verticaux qui servent de guides à ces caissons flotteurs.

Ceux-ci restent toujours à la surface de l'eau, tandis que le ponton descend ou remonte. Mais la liaison n'est pas effectuée par des mécanismes mis en mouvement par des moteurs spéciaux, disposition dangereuse qui semble avoir été la cause de plus d'un échec. Les coffres flotteurs sont automobiles, c'est-à-dire qu'ils se rapprochent ou s'écartent automatiquement du ponton, la force qui produit ces mouvements étant une partie du poids du dock ou une partie de la poussée à laquelle il est soumis.

Un mécanisme fort simple rend ces flotteurs solidaires, de façon qu'ils s'écartent ou se rapprochent du ponton de quantités égales en même temps. On assure ainsi l'immersion et l'émersion bien horizontales du ponton, et cette solidarité donne à l'appareil la même stabilité que lui procureraient des murailles creuses continues ayant pour épaisseur l'épaisseur des coffres flotteurs.

Les avantages que M. Janicki espère obtenir de ces dispositions sont d'abord une économie de construction sur les autres docks, économie que les études qu'il a faites lui permettent de fixer à 50 °/ₒ; une manœuvre plus facile que celle des docks à flotteurs commandés par machines, puisqu'il n'y a plus à s'occuper que d'envoyer l'air comprimé; une stabilité convenable, assurée par le cloisonnement et le jeu des flotteurs latéraux; une réduction du travail nécessaire à l'émersion, à cause du moindre poids mort et aussi parce qu'il y a souvent dans l'épuisement par les pompes un surcroît de hauteur d'élévation qu'évite complétement l'emploi de l'air comprimé; enfin une ventilation meilleure que dans les docks à murailles continues.

On pourra augmenter l'utilisation de ce dock en employant des chalands auxiliaires ou des chemins de fer sur cales horizontales comme dans les autres systèmes de docks flottants. Le système de M. Janicki parait convenir surtout aux cas où l'économie est imposée, comme, par exemple, lorsque le dock est établi en vue d'une exploitation commerciale.

M. Brüll fait observer, en terminant, combien sont variés les procédés d'assèchement des navires, et quels nombreux éléments on devra prendre en considération

pour choisir dans chaque cas particulier le système qui convient le mieux. Dans cette question, comme dans bien d'autres, il n'y a pas de solution générale.

M. Mallet partage les conclusions que M. Brüll a données à la fin de son intéressant travail. Il désire cependant faire ressortir un fait, c'est que les dépenses énormes qui signalent la construction des bassins de radoub par les gouvernements, et suivant les errements officiels tant en France qu'en Angleterre, sont de nature à jeter sur le système même des formes sèches une défaveur qu'il ne mérite pas. A côté des constructions luxueuses dont M. Brüll a parlé, on a fait dans beaucoup de cas des formes très-économiques. Celles qui existent en si grand nombre sur les deux rives de la Tamise, et qui appartiennent presque toutes à des constructeurs de navires sont dans ce cas; quelques-unes ont plus de cent mètres de longueur.

M. Mallet a eu l'occasion d'étudier récemment les ouvrages de cette nature, et a pu se convaincre qu'on pouvait établir avec avantage des formes sèches dans bien plus de circonstances qu'on ne serait porté à le croire tout d'abord.

M. Brüll est tout à fait d'accord sur ce point avec M. Mallet. Il ne saurait être question d'établir un dock flottant, quand le terrain étant à la fois facile à creuser et à rendre étanche, le prix d'une cale sèche y est modéré. Il a cité dans sa note plusieurs formes établies dans ces conditions, et qui n'ont coûté que quatre cent mille francs pour les dimensions convenant aux grands navires.

M. Mengin, ingénieur des ponts et chaussées, invité à assister à la séance, fait observer que si les formes sèches coûtent cher, elles se conservent presque indéfiniment sans entretien, tandis que les docks flottants sont plus périssables et plus coûteux à entretenir.

M. Brüll répond que les variations de température et les tassements amènent quelquefois des crevasses dans les radiers et les murailles des formes sèches, qu'il est difficile d'en maintenir l'étanchéité, et qu'il faut entretenir les pompes en activité pendant que le navire séjourne dans la forme. Les Américains en sont arrivés à professer qu'il n'y avait pas de bassin de radoub pouvant rester étanche. Quant à la durée des docks flottants, on a en France l'expérience des trois docks en bois de Marseille, de Bordeaux et du Havre, qui ont duré vingt-cinq ans, ce dernier, établi en 1844, étant même encore en service malgré son état de vétusté. Les docks en tôle seront plus durables et auront les mêmes chances de conservation que les coques de navires et les chalands de *Victoria-docks* qui résistent très-bien. En outre, les dispositions du dock Janicki faciliteront la visite et l'entretien de ses parties. L'air comprimé permettra à tout instant de descendre dans les compartiments. De plus, le ponton est partagé en tronçons pouvant s'isoler facilement et se servir de rechange l'un à l'autre.

M. Flachat, président honoraire, désire attirer l'attention sur les dangers de la destruction des docks flottants dans les eaux non calmes; ce fait s'est produit quelquefois, et des docks ont sombré avec les navires qu'ils portaient : le dock de Saint-Thomas n'a pu même être monté entièrement. Lorsque l'appareil est composé de tronçons, l'agitation de l'eau amène des moments de soulèvement inégaux pour chacun d'eux, la répartition de la charge devient fort inégale; celle-ci peut devenir excessive sur certaines parties et sur certains assemblages dont la résistance est dépassée et qui cèdent sous l'effort. Sous ce rapport le système de M. Janicki paraît avoir une certaine hardiesse par la légèreté même que l'on a réussi à donner à l'appareil, car la différence des moments de soulèvement s'y fera d'autant plus sentir.

L'histoire des accidents est très-instructive, et elle indique que les appareils composés de tronçons en ont éprouvé souvent, tandis que les docks en une pièce sont relativement plus durables. — Il n'y a pas encore de docks flottants de grandes dimensions dans des eaux non tranquilles, et, d'un autre côté, s'il faut faire un bassin, on perd une partie des avantages que l'on pouvait réaliser.

M. Brüll représente le dock proposé comme formé principalement d'un pont d'une centaine de mètres de longueur comprenant quatre poutres de dix mètres environ de hauteur, solidement entretoisées, formant un solide support pour le navire. Le ponton inférieur est, il est vrai, composé de tronçons; mais l'appareil n'est pas pour cela un *sectional-dock* avec ses dangers reconnus : il forme un tout compacte, susceptible seulement de se décomposer pour s'adapter aux navires de divers tonnages et faciliter les réparations. De plus, la manœuvre à la machine des flotteurs latéraux est dangereuse, parce qu'on ne réussit pas toujours à leur faire suivre à tous le mouvement de descente ou d'émersion du dock, et qu'alors la stabilité se trouve compromise. Il n'en est pas de même dans l'appareil actuel puisque les mouvements des flotteurs se font seuls et sans qu'on ait à s'en occuper.

M. Janicki admet qu'en effet on ne devra pas installer son dock dans un endroit où la hauteur des lames pourrait atteindre la hauteur des flotteurs latéraux; puisque dans ce cas la stabilité transversale ne serait plus assurée. M. Janicki revient d'Angleterre où il a pu s'entretenir avec plusieurs ingénieurs et constructeurs ayant établi des docks. Il a pu se convaincre de l'importance des besoins que ces appareils étaient encore appelés à satisfaire; on a paru généralement apprécier les avantages de l'emploi de l'air comprimé et compter sur l'économie que cette modification permet d'apporter à la construction des docks flottants pour en généraliser l'emploi. Le dock des Bermudes a coûté 6 millions 1/2 ; on conçoit que bien peu de ports pourraient être pourvus d'installation aussi coûteuses.

M. Janicki se propose de rendre l'ensemble très-rigide dans le sens longitudinal. On pourrait même ne faire qu'un seul ponton renversé au lieu de tronçons. La grande largeur donnée à l'ensemble a été adoptée en vue de l'admission des bateaux à aubes, mais elle pourrait être réduite; elle est d'ailleurs profitable pour la stabilité.

L'appareil pourrait être combiné avec des chalands du système Clarke qui permettraient de remiser dans un bassin les navires une fois enlevés et de se servir du dock pour un autre vaisseau à réparer. Le système Clarke fonctionne avec succès à Londres, et est en cours d'application à Malte et à Bombay, ports très-fréquentés.

M. le Président demande comment se déterminent les trois dimensions du ponton, et si un mouvement rapide de roulis donnerait un grand effort à supporter aux pièces de transmission qui rendent les flotteurs solidaires.

M. Janicki répond que la hauteur du ponton doit être établie pour chaque cas spécial, les deux autres dimensions dépendant de la longueur et de la largeur des navires. Des pontons carrés ont été étudiés pour des bateaux ronds que le gouvernement russe veut faire dans la mer Noire. Quant aux efforts produits par le roulis, ils peuvent être atténués en multipliant le nombre des transmissions transversales. La combinaison se présente principalement avec l'avantage du bon marché. Ainsi, à Port-Saïd, on pourrait avoir pour 1 million et demi ce qu'on ne pourrait avoir autrement qu'en dépensant 5 à 6 millions.

M. A. Lavalley est disposé à croire que le système de M. Janicki fonctionnera

convenablement, il demande sur quoi repose l'économie de poids considérable qu'il espère réaliser.

M. Janicki explique que le ponton à air comprimé n'ayant pas, comme le ponton fermé, à résister, lorsqu'il est à fond, à une pression mesurée par la hauteur d'eau qui est au-dessus de lui, on n'aura plus à employer des tôles de 15mm d'épaisseur solidement armaturées. Les membrures auront la solidité qui convient pour supporter le navire, et le bordé n'aura plus pour objet que de maintenir l'air, puisqu'il ne subira que de faibles différences de pressions. Il y a là la source d'une réduction de poids de 40 %. La suppression des murailles continues et leur remplacement par des flotteurs de faible hauteur permettent encore 10 % de réduction.

D'après les études qu'il a faites, le poids des docks de dimensions ordinaires ne dépasserait pas 4 à 500 kil. par tonneau de poids soulevé.

Des ingénieurs anglais craignaient l'emploi de l'air comprimé, et les suites d'une perte d'air qui, si elle survenait sur l'un des bords, ferait couler le dock; mais l'emploi des tubes de sûreté, dont on a parlé, et qui ont bien réussi aux piles de pont, enlève tout danger de ce côté.

M. Lavalley pense que, lorsqu'on peut faire une cale sèche, il faut la faire; mais, entre les divers autres systèmes, celui de M. Janicki paraît préférable, tant pour la sécurité que surtout pour le bon marché, comme cela ressort clairement des suppressions indiquées par l'auteur. En faisant le dock d'une seule longueur, et aussi rigide qu'une poutre de pont, ce qui peut se faire sans aucun inconvénient ni difficulté, toute chance d'instabilité disparaît.

M. Dupuy de Lôme, ancien directeur des constructions navales, invité à assister à la séance, résume les deux points caractéristiques du système proposé. Il conçoit bien les avantages de l'emploi de l'air comprimé, et il n'hésiterait pas, pour sa part, à construire un dock flottant soulevé par un refoulement d'air. Mais le mouvement automatique des flotteurs latéraux lui paraît délicat. Il craint qu'on ne s'expose, pour un maigre avantage, au danger du chavirement. Le ponton étant léger doit être fortement consolidé dans sa longueur; or, les murailles continues donnent justement cette rigidité longitudinale dont manquera un ponton de faible hauteur à parois minces. De plus, elles contribuent en partie au soulèvement du poids du navire, tandis que les flotteurs latéraux ne remplissent pas ce rôle, de sorte que le cube du ponton de fond doit en être augmenté. L'économie serait donc plus apparente que réelle, et M. Dupuy de Lôme engage l'inventeur à séparer les deux questions, à appliquer sans crainte l'emploi de l'air comprimé, mais à renoncer aux flotteurs latéraux isolés pour revenir aux murailles continues.

M. Janicki prend bonne note de ces observations, qui lui paraissent devoir être attentivement examinées.

M. Brull rend hommage à l'autorité incontestable de M. Dupuy de Lôme. Il pense avec lui que la manœuvre par refoulement d'air donne un moyen certain de réaliser une économie de poids d'environ 40 %, sans présenter aucune difficulté. Chaque fois que la réduction de prix qu'amènera cette application suffira à rendre possible l'établissement du dock dont on a besoin, il conviendra de se borner à ce seul perfectionnement sans risquer la substitution évidemment plus délicate de coffres mobiles aux murailles continues. Mais si les 40 % de réduction ne suffisent pas, on peut considérer comme acquise la possibilité d'obtenir une nouvelle économie par cette substitution. Car, dans les murailles pleines, c'est la membrure qui contribue à la

rigidité longitudinale bien plutôt que le bordé. Or, M. Janicki conserve la membrure sous la forme des poutres longitudinales et ne supprime que le bordé. Quant à la poussée des murailles creuses, elle ne sert que lorsqu'elles sont immergées, c'est-à-dire au commencement de la manœuvre de soulèvement. Mais quand le navire est asséché, les murailles sont hors de l'eau et ne contribuent plus à soutenir le poids du navire.

M. Mallet ne voudrait pas laisser passer l'occasion qui se présente sans signaler l'incroyable infériorité de notre outillage maritime ; les moyens de radoub manquent partout dans les ports français. Pour qu'on ne l'accuse pas d'exagération, il citera le fait suivant : Il y a huit ou dix ans, on venait d'inaugurer au Havre la grande forme sèche ; c'était (et c'est encore à l'heure qu'il est, tant que les nouvelles formes ne sont pas livrées à l'exploitation), avec un petit et vieux dock flottant en bois, la seule ressource que présentât le premier port de France sur l'Océan. A la même époque, le port de Liverpool possédait, à Liverpool même, *seize formes sèches* dont quelques-unes de la plus grande dimension, et à Birkenhead, sur l'autre rive de la Mersey, trois ouvrages semblables, sans compter dix formes destinées plus spécialement à la construction ; total : *vingt-neuf formes*.

A Londres, comme l'a signalé M. Brüll, il y avait en 1866 *vingt-sept* formes sèches. Qu'y a-t-il à ajouter à un semblable rapprochement?

M. Mallet tient d'autant plus à insister sur ce point, qu'il y a des travaux qui ne peuvent guère s'exécuter que dans les formes : ce sont les modifications, rallongements, etc., des coques. Il a suivi, dans ces dernières années, d'importants travaux de ce genre opérés au Havre, et a pu se convaincre des difficultés qu'il y a à les faire en France faute des éléments nécessaires.

On peut citer des circonstances où des constructeurs eussent été bien heureux de payer 10,000 francs par mois pour le loyer d'une grande forme de réparation. Si, tout récemment, des travaux de transformation de matériel naval, pour une valeur de plusieurs millions, ont échappé à l'industrie française pour traverser la Manche, c'est en grande partie à l'absence des éléments nécessaires pour accomplir ces travaux qu'est dû ce fait regrettable.

Mais ce qui est surtout déplorable, c'est que si l'État manque des ressources nécessaires pour doter nos ports de l'outillage qui leur est indispensable, l'administration, loin d'encourager les efforts que pourrait faire l'industrie privée pour suppléer à cette insuffisance, n'oppose que trop souvent une force d'inertie à peu près invincible à toute tentative que voudraient faire des particuliers pour améliorer cette situation. On ne saurait trop insister sur ce point et sur les déplorables conséquences qui en résultent.

M. Flachat ne peut malheureusement que constater la justesse de ces réflexions : mais ce n'est pas la faute de l'industrie privée, qui ne trouverait pas partout la rémunération de ses capitaux, et d'un autre côté les efforts du gouvernement sont paralysés par des besoins publics plus impérieux et plus immédiats.

Séance du 10 Novembre 1871.

Présidence de M. Yvon Villarceau

Le procès-verbal de la séance du 20 octobre est adopté.

M. le Président annonce que M. Chauveau des Roches vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur, MM. Ximenes et Moyse, commandeurs de l'Ordre d'Isabelle-la-Catholique, et M. Andry chevalier de l'Ordre de la Couronne d'Italie.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Chabrier qui propose de nommer une Commission chargée de réunir tous les procès-verbaux des séances des Conseils généraux, et tous les documents relatifs aux travaux de ces Conseils.

Cette proposition est renvoyée à la Commission déjà nommée sur le service de la vicinalité en France.

M. Caillaux communique à la Société un travail sur les mines métalliques de la France.

Ce travail se compose de deux parties :

1° Historique des mines depuis les Gaulois jusqu'à nos jours;

2° Indication de quelques mesures d'ordre et de principe qu'il serait utile d'appliquer, dès à présent, pour donner aux mines une plus facile expansion.

— Des documents statistiques sont joints au mémoire principal, comme pièces justificatives; ces documents ont aussi pour but de donner une idée de l'importance de la question dont il s'agit.

Ils consistent :

1° En un tableau de l'importation des métaux, autres que le fer, extrait des documents des douanes de 1858 à 1868, — 1820, 1864, 1868, qui montre le progrès des valeurs métalliques, autres que l'or et l'argent, achetées au commerce étranger, et que la France payait, avant la guerre, près de 100 millions annuellement pour ces valeurs;

2° Tableau des mines métalliques actives de 1836 à 1864.

— Indication des concessions inactives pendant cette période, qui ont toujours été au delà de la moitié des concessions accordées.

— Produits des mines de 1816 à 1864.

Indiquant que ces produits ont été insignifiants de 1816 à 1856, et qu'ils ont commencé à prendre un peu d'extension à partir de cette dernière date.

Indication des produits des mines de plomb et argent, leur tendance à un développement croissant, malgré l'accroissement de la main-d'œuvre, trop longtemps considérée comme une des causes du marasme des mines.

De ces tableaux et de plusieurs autres produits par M. Caillaux il résulte :

1° Que la plupart des concessions ont toujours été dans l'abandon depuis 1810, époque de la promulgation de la loi qui régit actuellement les mines;

2° Que la France n'a pas été exploitée d'une manière sérieuse dans tout le cours de ce siècle;

3° Que le sol français peut être producteur de métaux; qu'il y a eu une tendance de reprise, à partir de 1856, parce que rien ne peut être stationnaire en présence du mouvement que les voies ferrées et la vapeur ont imprimé au commerce général.

Dans le mémoire, très-condensé, relatif à l'historique des mines, M. Caillaux fait d'abord connaître l'importance de la question, et il fait remarquer que si l'on s'attachait seulement aux apparences extérieures, aux idées généralement admises, il ne faudrait pas s'occuper davantage de ce qui concerne les mines métalliques. Mais, dit-il, il faut désormais douter de tout et scruter toutes les opinions émises, quelle que soit la source d'où elles proviennent, quelque élevée que puisse être la position des hommes qui les ont exprimées. — Il fouille la France minérale et l'histoire, et il arrive à partager l'opinion des hommes les plus compétents parmi les ingénieurs de l'État ou parmi les ingénieurs civils, qui admettent que de grandes choses peuvent être faites encore sur les gisements nationaux, qu'on peut en extraire une grande partie des métaux achetés à l'étranger, qu'on doit y trouver de nombreux éléments de travail et de fortune, et que la défaveur qui pèse sur ce genre de mines n'est pas justifiée.

Il examine la France minérale, et il y trouve une étendue de 180,000 kilomètres carrés, susceptibles de renfermer des productions métalliques. Il parcourt les cinq groupes montagneux qui y existent, et il reconnaît les mêmes roches que l'on rencontre en Angleterre, en Espagne et en Allemagne. Il y reconnaît la présence de nombreuses sources thermales et de nombreux filons quartzeux, quelquefois gigantesques, qui se retrouvent sur toutes les contrées de la terre les plus métallifères.

Enfin il constate la présence d'un nombre considérable d'anciens travaux qui se voient encore aujourd'hui sur les sommets et sur les versants des montagnes, et qui montrent que la France a été, dans d'autres temps, productrice de métaux.

A l'exception de deux ou trois points, tous ces travaux sont encore aujourd'hui dans l'abandon; la plus grande obscurité règne sur la plupart d'entre eux; on ne sait presque rien de ce qui les concerne et on ne peut les voir sans se demander comment, depuis soixante ans, dans un siècle comme le nôtre, où les substances métalliques sont devenues de plus en plus l'une des nécessités de la vie, comment, à l'exception d'un très-petit nombre, ils ont pu rester ainsi ignorés du public, comment, enfin, il ne s'est trouvé personne en France, depuis quatre-vingts ans, qui ait pensé à dissiper cette obscurité qui les enveloppe.

M. Caillaux recherche alors, au moyen des rapprochements historiques, l'enchaînement des faits qui ont conduit l'industrie des mines métalliques au marasme qu'il faut constater dans le cours du XIXe siècle; il étudie ce qu'elle a pu être depuis les Gaulois jusqu'à nos jours, et quelles sont les causes qui en ont pu entraver le développement.

Les Gaulois n'ont fait que des travaux superficiels.

Les Romains ont exécuté des travaux plus étendus et probablement aussi des fonderies impériales; mais leurs travaux exécutés par des esclaves et des malfaiteurs, avec des moyens très-dispendieux, n'ont pu avoir d'extension que là où il n'y avait que peu d'eau à extraire. — Néanmoins, cette époque paraît avoir été une période active pour l'industrie minérale.

L'invasion des Barbares porta la désolation dans toutes les Gaules, et bien peu de mines purent être activées au temps des Mérovingiens. — Le siècle de Charlemagne

paraît avoir été une époque célèbre pour les mines en France et en Allemagne, mais nous ignorons ce qui s'est passé à ce moment ; nous savons seulement qu'un certain nombre de mines furent en activité, et vers le IXe et le Xe siècle les Sarrasins exploitaient les mines des Alpes où ils s'étaient réfugiés, et d'où ils furent chassés.

Une véritable période d'exploitation des mines eut lieu pendant le moyen âge pour l'Europe entière.— La France fut activement travaillée ; mais, à la fin du XIIIe siècle, la plupart de toutes ces mines furent abandonnées, soit par suite de la difficulté croissante des travaux, soit par suite des charges que faisaient peser sur elles les redevances, quelquefois énormes, dues aux seigneurs féodaux.

Néanmoins, quelques mines subsistaient encore vers la fin du XIIIe siècle ; de nouvelles mines furent ouvertes dans le courant du XIVe et du XVe, malgré la dépréciation de l'argent qui s'était manifestée particulièrement depuis la dernière croisade.

Au commencement du XVIe siècle, les mines de l'Europe semblèrent ranimées par l'idée des richesses métalliques que l'on extrayait de l'Amérique ; on venait d'appliquer les galeries d'écoulement pour leur exploitation, et ces galeries étaient un immense progrès qui permettait d'utiliser désormais des richesses qu'on avait dû abandonner. — La France participa activement à ce mouvement ; mais, vers la fin du XVIe siècle, l'explosion des guerres religieuses vint arrêter cet élan, et vers 1579 il n'y avait plus aucune mine d'argent.

A ce moment même, l'action administrative qui avait commencé à s'exercer vers la fin du XVe siècle, à l'époque où s'éteignaient toutes les vieilles libertés de l'Europe, se faisait sentir d'une manière bien contraire aux intérêts des mines.

L'industrie minérale commença à être soumise, comme elle le fut presque jusqu'à nos jours, et tout au moins jusqu'à 1741, à une administration arbitraire.— Les mines furent considérées comme faisant partie du domaine royal, et, avec l'inauguration de ce système qui coïncide avec la naissance de la centralisation administrative, commence leur abandon et l'oubli de leurs traditions. — Dès ce moment, les mines furent perdues, et les événements politiques, comme les guerres de religion, vinrent consommer l'œuvre de leur anéantissement.

Henri IV, l'un des plus grands rois qu'ait eus la France, voulut donner une certaine activité aux mines ; mais ses projets furent anéantis au moment de sa mort. — Sous Louis XIII, l'industrie nationale était éteinte. Sous Louis XIV, les événements politiques, les guerres, etc., les conflagrations religieuses, empêchèrent l'industrie minérale de prendre le développement que les autres industries purent acquérir, particulièrement sous le ministère Colbert. — A cette époque, la main-d'œuvre se donnait pour rien ; la misère du peuple, au-dessous des splendeurs de Versailles, était arrivée au suprême degré, les métaux ne se vendaient pas à des prix moins élevés que dans les temps antérieurs, et l'anéantissement des mines à cette époque ne peut être attribuée, ni à l'élévation de la main-d'œuvre, ni à l'abaissement du prix des métaux, mais seulement à l'action administrative et aux malheurs publics.

Dans le cours du XVIIIe siècle on put constater une tendance à la reprise des mines métalliques ; mais cette tendance se montra surtout sous le règne de Louis XVI, sous l'influence des états provinciaux, malgré la dépréciation de l'argent, sans que les moyens d'exécution aient sensiblement été autres que ce qu'ils avaient pu être dans les années antérieures, bien inférieurs à ce qu'ils seront plus tard.

Pendant cette période, on put constater que le succès a toujours répondu à l'attente, là où les travaux ont été dirigés par un esprit véritablement pratique, — et

toutes les mines de la France furent de nouveau abandonnées par suite des malheurs de la Révolution, sans que leur richesse y fût pour rien, quand apparut le XIX[e] siècle.

Pendant le XIX[e] siècle, l'industrie minérale s'est trouvée dans un marasme presque absolu. Soumise à la législation de 1810, elle n'a fait quelques progrès que depuis 1850; on voit qu'elle a ressenti le contre-coup du mouvement qu'imprimait le développement croissant des chemins de fer et qu'elle tend même, aujourd'hui, à sortir de son infériorité; mais tandis que, après la découverte du patinsonage et la découverte de l'or de la Californie, de nombreuses mines étaient ouvertes ou reprises avec succès, partout autour de nous, en Angleterre, en Allemagne, en Sardaigne, tandis que le commerce et l'industrie générale grandissaient dans des proportions inconnues, nos mines progressaient avec une extrême lenteur et présentaient des exemples fréquents d'insuccès et d'abandon.

M. Caillaux attribue cette situation à bien des causes, parmi lesquelles il cite :

— L'inexpérience en matière de mines, insuffisance des fonds appliqués aux travaux.

— Ignorance dans laquelle se sont trouvés les industriels et les capitalistes relativement à ce qui concerne les mines.

— Trop grande étendue des concessions.

— Formalités excessives pour l'application de la loi.

— Non-application de redevances à l'étude du sol ou à la réouverture des mines anciennes, conformément à la loi.

— Application incomplète de l'article 49 de la loi, qui fait rentrer les mines abandonnées dans le domaine public.

Après avoir développé toutes ces causes, M. Caillaux montre, par plusieurs exemples, que ni l'Espagne, ni l'Angleterre, ni l'Amérique n'auraient pu être jamais productrices de métaux, s'ils avaient été soumis au régime français, et il insiste sur la nécessité de modifier les institutions législatives.

Enfin, il soumet à la Société des ingénieurs civils, dont il veut particulièrement provoquer l'attention et la sollicitude, plusieurs mesures d'ordre tendant à donner une plus grande publicité à ce qui concerne les mines, à les soumettre davantage à l'action de l'initiative individuelle; il indique les points principaux qu'il serait important de modifier dans la loi actuelle des mines, et il demande si les mines métalliques de la France ne devraient pas faire partie du domaine des conseils généraux, plutôt que de celui de l'État.

M. le Président remercie M. Caillaux de son intéressante communication.

M. le Président propose de voter par acclamation la nomination de M. Dorian comme Membre honoraire.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

MM. Bertrand, Billieux, Cotard, Delaroière, Monier, Petit François, Petit Germain et Wiart ont été nommés membres sociétaires, et M. Chavassieu membre associé.

Séance du 17 Novembre 1871.

Présidence de M. Yvon Villarceau.

Le procès-verbal de la séance du 10 novembre est adopté.

M. le Président donne lecture de la communication du comité sur le système de recrutement des ingénieurs de l'État[1].

M. le Président ne pense pas que la discussion de cette question puisse s'engager immédiatement; la communication du comité sera publiée dans le procès-verbal de la séance, où chacun des membres en pourra prendre préalablement une plus complète connaissance.

M. Jordan présente, de la part de M. Brustlein, une note *sur la transformation de l'artillerie légère suisse* (pièces de 4) *en canons se chargeant par la culasse*, note traduite et extraite du rapport fait à la commission d'artillerie fédérale en décembre 1870 et publié dans la *Zeitschrift der schweirevische artillerie* (juin et juillet 1871).

Ce rapport étudié et rédigé par des officiers qui, dans la vie civile, sont presque tous ingénieurs et mécaniciens, présente un intérêt particulier pour les membres de la Société qui veulent s'occuper du matériel d'artillerie. M. Jordan analyse sommairement la note de M. Brustlein, comme suit :

Après avoir fait remarquer que la dernière guerre a démontré une fois de plus l'importance de la supériorité dans la précision du tir et dans les effets d'éclatement des projectiles, et après avoir montré que la Suisse, ne pouvant rivaliser avec ses grands voisins pour le nombre des bouches à feu, doit chercher à l'emporter par la puissance de sa nouvelle artillerie légère, comparativement à la puissance des leurs, le rapport adopte 1600 kilog. pour poids de la pièce attelée de six chevaux, avec avant-train et munitions. Déduisant de ce chiffre 406 kilog., poids de l'avant-train avec caisson, compartimentage et équipement, et 504 kilog., poids de l'affût et de l'équipement (d'après les poids déjà connus pour l'ancienne pièce de 4 se chargeant par la bouche, et la nouvelle pièce de 8 se chargeant par la culasse), il reste 690 kilog., poids qu'il s'agit de répartir de la manière la plus avantageuse, entre la bouche à feu elle-même et les munitions à loger dans l'avant-train.

L'auteur du rapport montre ensuite qu'avec un poids de poudre normale, égal à 0,15 du poids du projectile, on peut être certain d'obtenir une vitesse initiale de 400 mètres environ, et il déclare qu'il considère comme des efforts stériles ceux qui se feraient pour obtenir des vitesses initiales plus grandes : il préfère augmenter le poids du projectile pour diminuer l'influence de la résistance de l'air, plutôt que

1. Voir le Bulletin, page 507.

d'augmenter la charge de poudre. Adoptant cette charge de 0,15 P (P étant le poids du projectile), puis s'imposant les conditions d'emmagasiner 40 coups et d'avoir une vitesse maxima de recul de $2^m,50$, il calcule le poids du projectile $P = 5^k,6$ et le poids du canon $Q = 432$ kilog.

Il faut déterminer ensuite le calibre, et, pour y arriver, le rapport fixe à 100^{gr} le poids du projectile par centimètre carré de section droite, par comparaison avec des projectiles connus; il arrive ainsi à un calibre de 84 millimètres. Ce calibre est assez grand pour que, d'un côté, l'obus et le schrapnel aient des effets d'éclatement satisfaisants, et que, de l'autre, les épaisseurs du bronze soient amplement suffisantes pour résister au tir, tout en laissant au canon assez de longueur pour bien utiliser la forte charge de poudre sans sortir des limites calculées de poids.

L'obus, analogue à celui de la pièce de 8 déjà en service, et long de 210 millim. sera en fonte avec une enveloppe de plomb mince et soudée, et un vide intérieur octogonal; il sera muni d'une fusée percutante. Le schrapnel, un peu moins long, sera à paroi mince de fer battu emplombé, avec pointe et culot en fonte; il sera muni de la fusée à durée.

Le canon, du poids de 432 kilog., doit être en bronze. (La Suisse ne possède pas de grande aciérie capable d'exécuter des bouches à feu en acier doux.) Il lui faut une longueur relativement grande pour utiliser convenablement la grande charge de poudre (840 grammes); en lui donnant $2^m,10$ en tout, le rapport du volume qu'occupent les gaz dans le canon, pendant leur action sur le projectile, au volume de la charge de poudre n'est que 7. La chambre à poudre a une longueur telle, que, lorsque le projectile est bien en place, le rapport du volume de cette chambre à celui de la poudre est 1,4 comme dans la pièce de 8; il ne peut donc pas se produire dans la chambre du nouveau canon des pressions plus grandes que dans la pièce de 8. La pression étant la même, la résistance du nouveau canon sera suffisante, si les épaisseurs de métal sont proportionnelles aux calibres dans les deux pièces.

Après être ainsi arrivé à tracer le contour extérieur de la pièce, on adopte le même système de fermeture et d'obturation que dans le canon de 8, savoir le coin simple et l'anneau Broadwell. Les rayures, au nombre de 12, se rétrécissant vers la bouche, ont un pas de 40 calibres.

La Commission fédérale d'artillerie, sur ce rapport, avait décidé la construction d'une pièce d'essai. Au mois de juin dernier, cette pièce avait tiré déjà plus de 600 coups, et ses résultats effectifs avaient tout à fait justifié les prévisions de ses auteurs; la trajectoire de son projectile semble se rapprocher beaucoup de celle du canon de 7, construit à Paris pendant le siége, ce qui, d'après M. Brustlein, n'est pas un argument en faveur de l'emploi de la poudre comprimée pour l'artillerie de campagne. Après ces essais, le type de la pièce définitive a été arrêté, et il ne diffère de la pièce d'essai que par sa longueur moindre de 10 centimètres.

M. Brustlein espère pouvoir bientôt remettre à la Société les dessins complets du nouveau canon.

M. De Dion, à propos des projectiles ogivo-cylindriques des canons rayés actuels, demande pourquoi on ne se préoccupe pas aussi bien de la forme du culot que de celle de la pointe. Tous les ingénieurs connaissent l'influence considérable des formes arrière sur la résistance qu'éprouve un navire de la part de l'eau; il doit en être de même dans l'action de l'air sur un projectile allongé. Il semble qu'avec un sabot de forme convenable, on peut tirer aussi bien un projectile à culot conique qu'un projectile à culot plat.

M. Jordan répond que ces projectiles à culot conique existent en effet; il cite la balle olive du fusil prussien, ainsi que celle du fusil de rempart employé par l'ennemi, pendant le siége. M. Whitworth a fait des expériences sur des obus du même poids, à culot plat et à culot conique, tirés dans le même canon. Ces expériences, reprises au camp de Châlons en 1869, ont montré que les obus à culot conique conservaient en effet mieux leur vitesse, mais que ceux à culot plat étaient plus justes en direction.

M. Jordan profite de l'occasion pour donner, d'après les journaux anglais, à la Société, un aperçu de la voie où s'est engagé M. Bessemer, dans ses études pour une grosse pièce de marine. M. Bessemer veut employer un boulet sphérique de dimensions énormes, tourné cylindriquement sur une zone équatoriale, et pesant peut-être plusieurs tonnes. Il veut le lancer avec un canon à âme lisse, suffisamment long pour utiliser convenablement les pressions développées par les décharges successives et augmentant en intensité, d'une série de chambres à poudre situées dans la culasse mobile de la pièce, en cherchant à remplir ainsi les conditions rationnelles d'une bonne inflammation de la charge. Pour le tir à grandes distances, M. Bessemer essayera un projectile oblong tournant par réaction, lorsque sa charge intérieure s'est enflammée et laisse échapper ses gaz par des évents formant turbine.

M. le Président remercie M. Bruslein de son intéressante communication, qui sera publiée *in extenso* dans les mémoires de la Société.

Séance du 1er Décembre 1871.

Présidence de M. E. Flachat, *Président honoraire.*

Le procès-verbal de la séance du 17 novembre est adopté.

M. le Président annonce que MM. Barroux, Georges Delaporte, Joyant, Marsillon et Rebière, membres de la Société, ont été nommés Chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Mallet demande à rectifier une erreur qui s'est glissée dans le résumé de la séance du 20 octobre dernier.

Le chemin de fer du Rigi n'a pas coûté 2,125,000 fr., *comme cela a été imprimé, mais seulement* 1,250,000 fr.; *la recette totale a été de* 255,000 *francs, soit* 23 *pour cent du capital.*

M. le Président fait part à la Société qu'il a reçu des lettres de MM. Bevan de Massy, Cournerie, Desnos, Frichot, Gandillot et Rey, lui annonçant qu'ils mettent à la disposition de la Société les procès-verbaux des séances des conseils généraux des département de la Charente, de la Manche, de Seine-et-Oise, de la Somme, du Jura et de l'Aisne; ces lettres sont renvoyées à la Commission chargée de centraliser tous les documents relatifs aux travaux des conseils généraux.

M. le Président espère que cet exemple sera suivi, et il fait appel aux Membres de la Société qui sont à même de nous procurer de semblables documents, pour les autres départements.

L'ordre du jour appelle la discussion de la note du Comité sur le mode de recrutement des ingénieurs de l'État.

M. le Président croit devoir ouvrir la discussion, en exposant les considérations suivantes :

La question soulevée par la note de votre Comité, sur l'initiative de M. Molinos, est des plus opportunes, car elle a atteint ce degré de maturité que doit avoir acquise une idée pour entrer dans le domaine de la pratique; ce n'est pas moi, c'est M. Guizot qui a dit le premier, que lorsqu'une question est dans les idées générales, elle est prête à entrer dans les institutions.

La question est posée depuis longtemps; elle le fut dès les premiers jours de notre Société; dans les procès-verbaux de 1850 et 1851, vous pourriez en retrouver les traces; elle ne fut pas alors traitée avec la même mesure, la même dignité; en pareille matière la dignité, c'est la mesure : restons-y invariablement attachés.

Aujourd'hui, d'ailleurs, le moment semble approcher, où le recrutement des fonctions publiques se fera au concours, et de ce jour dateront les plus grandes améliorations dans notre activité générale.

Il est un argument qui m'a convaincu depuis longtemps, et qui, malheureusement n'a pas fait son chemin, c'est celui-ci : Si l'École polytechnique, à peu près seule pendant longtemps en possession de l'enseignement technique supérieur, avait versé le produit de cet enseignement dans l'industrie, celle-ci serait aujourd'hui la première du monde, car notre pays est sans contredit celui qui peut produire le plus d'hommes instruits par la science, parce qu'il est celui où les lettres sont le plus goûtées. Il faut cependant le reconnaître, c'est celui qui a fait les progrès les plus lents dans l'industrie manufacturière.

Il n'y a pas encore bien longtemps, je constatais, en m'en félicitant, que *quatre* élèves de l'École centrale venaient d'entrer dans la fabrication du fer.

Aujourd'hui, il n'est plus possible de fabriquer du fer sans avoir recours aux ingénieurs métallurgistes, et là où on veut transformer la fabrication et faire de l'acier Bessemer, les ingénieurs sont indispensables. Chaque grand établissement compte plusieurs ingénieurs dans la direction de la fabrication.

Tel est le résultat acquis. Il est dû tout entier aux écoles libres, il s'est produit naturellement, le progrès s'est accompli sans crise, tandis que jusque-là l'industrie ne progressait que comme contrainte et forcée; c'est un fait désastreux, malheureusement trop vrai, que dans toutes les industries c'est à la suite des crises qui semblaient devoir ruiner les fabriques et éteindre le travail que se sont produites les réformes les plus salutaires dans l'outillage industriel.

Il y a quarante ans, la toile peinte valait 6 francs le mètre, aujourd'hui le mètre vaut 60 centimes; mais ce résultat n'a été obtenu qu'à la suite de crises formidables qui ont forcé les fabricants à transformer leur outillage et leur méthode de fabrication.

Ce progrès se serait accompli naturellement, si le gouvernement possesseur d'hommes d'élite instruits dans les sciences mécaniques et chimiques, tels que l'École polytechnique et les écoles d'application les formaient, les avait associés aux travaux de nos fabricants.

Au lieu de cela, l'École polytechnique, qui depuis 1795, pendant 77 ans, aurait pu donner chaque année 150 à 200 hommes instruits dans les sciences appliquées en dehors même des services publics, a versé les 4/5 de ses promotions dans l'armée. C'était certainement une grande faute. Donner à l'armée cette population d'hommes aptes par leurs études à vivifier notre industrie en lui apportant la science, c'était les condamner à rester dans l'inaction et voir s'éteindre, sous l'action de la discipline, l'émulation et l'initiative. Nos ennemis nous l'ont trop douloureusement prouvé.

Ils nous ont prouvé aussi que sans le progrès et le développement de l'industrie, il n'y avait pas de progrès possible dans les armes.

Grâce à la supériorité évidente de l'instruction des hommes qui se consacrent à l'industrie, en Angleterre ce pays a tenu longtemps la corde dans tout ce qui était perfectionnement; en France, lorsque les ingénieurs de l'École polytechnique et d'autres écoles savantes, en trop petit nombre du reste, sont entrés dans l'industrie, ils s'y sont presque tous distingués. Les chemins de fer sont un exemple frappant de la valeur de l'instruction scientifique.

Ce n'est pas que je considère comme un bonheur pour le pays que nos chemins de fer, hardiment commencés par le génie civil, aient été presque entièrement absorbés par les ingénieurs de l'État. Il en est résulté cette grave conséquence, que les ingénieurs des ponts et chaussées mis à la tête de nos Compagnies, inféodés de toutes façons à l'État, ont transformé ces industries en véritables administrations; si bien qu'aujourd'hui il suffirait de quelques hommes et de quelques heures pour remettre entre les mains de l'État tous nos chemins de fer, comme autrefois les échevins apportaient au vainqueur les clefs d'une ville menacée.

Si la plupart des chemins de fer sont devenus, au grand dommage des intérêts publics, des succursales de l'administration, en aidant à cette regrettable absorption, les ingénieurs des ponts et chaussées ont cru faire leur devoir en tant que fonctionnaires, mais il faut néanmoins reconnaître aussi que, quant à l'exécution technique et scientifique, ils se sont montrés au niveau de la tâche qui leur avait été confiée. C'est là la conséquence naturelle de l'enseignement supérieur qu'ils avaient reçu.

Nous avons toute raison pour traiter ces questions sans préoccupations personnelles et avec la plus grande impartialité, car nous savons que nos idées sur l'émancipation de l'enseignement supérieur, et sur l'application du concours aux fonctions de l'État, sont partagées par un certain nombre d'ingénieurs des ponts et chaussées, et nous en connaissons qui sont disposés à nous donner non-seulement leurs sympathies, mais encore un appui autorisé.

Tout le monde est maintenant d'accord sur ce principe, que l'enseignement des écoles d'application doit être émancipé, il faut donc que l'accès de la haute instruction soit ouvert à tous, et que le grand nombre d'hommes qui dans notre pays ont les moyens intellectuels trouvent largement tracée devant eux la voie des carrières savantes.

Le très-grand avantage de l'instruction acquise de bonne heure, c'est de permettre d'atteindre plus rapidement à l'*expérience;* en général, nous arrivons tard, parce que nous sommes instruits d'une manière insuffisante, et, en nous isolant à nos débuts de toutes les fonctions de l'État, on rend nos premiers pas incertains et difficiles. Le stage est pour les ingénieurs civils une épreuve terrible : sur 100 élèves sortant de l'École centrale, il en est resté plus de 50 qui ne peuvent pas embrasser la carrière qu'ils avaient désirée; aucune voie n'est tracée, aucune porte n'est ouverte, et

il faut obéir; à l'occasion retravailler pour sortir des difficultés du présent, en dehors de ses tendances personnelles et de ses premières dispositions.

Cette exclusion des moyens d'accès dans les travaux de l'État, par suite de l'absence de tout concours, est le grand obstacle; les places sont prises non par l'instruction, mais par l'expérience acquise pour laquelle le temps fait plus que la science.

Nous en avons eu la preuve évidente, quand nous avons obtenu de M. de Forcade la Roquette cette loi libérale, permettant aux conducteurs des ponts et chaussées d'acquérir par des examens le grade d'ingénieurs : le résultat a été nul, la première instruction manquait aux conducteurs. Entrés presque tous dans le service des travaux publics soit en sortant des écoles d'arts et métiers, soit en en suivant la filière à partir du grade de piqueur, ils avaient *l'acquit* mais non l'instruction, mais non la science. Il en est toujours de même, l'ensemble du personnel dans les fonctions inférieures n'a pas dans les travaux publics l'instruction nécessaire; la science est le partage d'une élite, un abîme sépare cette élite du reste du personnel auquel, faute d'instruction, le concours ne permet pas de traverser cet abîme.

Il est donc grand temps pour le pays que l'enseignement polytechnique, j'entends celui de toutes les écoles spéciales, soit étendu de telle sorte, que les élèves de toutes les écoles d'application passent tous par les mêmes difficultés, que la carrière ne soit plus trop facile pour les uns, hérissée d'obstacles pour les autres; certes le stage serait rendu plus léger à tous, si l'accès aux fonctions de l'État se faisait par les postes inférieurs, premiers échelons d'une échelle ascendante que gravirait le mérite incontesté.

Il ne faut pas oublier que le personnel des conducteurs des ponts et chaussées est de 6 à 8,000 personnes.

Je me résume en disant que si les idées que nous préconisons avaient été appliquées, elles auraient amené une véritable révolution industrielle, révolution pacifique et graduelle par le concours d'un grand nombre d'hommes capables. Aujourd'hui, il faut bien le reconnaître, *nous en sommes pauvres*, et notre pauvreté à cet égard est un des signes inquiétants pour l'avenir.

Ne l'oublions pas, nous sommes menacés plus que jamais : l'Angleterre augmente chaque jour le nombre de ses ingénieurs dans l'industrie privée, et il nous faut en faire autant, rien que pour rester ce que nous sommes; mais quand nous serons débarrassés des impôts inévitables que nous avons à subir, quand nous aurons liquidé cette écrasante dette qui paralyse tous nos efforts, et j'espère que ce sera bientôt, alors rendus à la lutte par le stimulant du libre-échange, il nous faut, pour reprendre notre rang, l'instruction supérieure dans une véritable population d'ingénieurs.

J'ai cherché à mettre en saillie les deux grands intérêts qui s'attachent au succès de l'idée sur laquelle la discussion va s'ouvrir.

Celui d'abord de notre activité industrielle dans la lutte incessante et acharnée du travail qui, plus que jamais, s'ouvre entre nations pour se disputer non-seulement les marchés extérieurs, mais plus encore, le marché intérieur : cet intérêt commande à l'État, s'il veut s'associer à la fortune du pays, d'appeler aux bénéfices de l'enseignement supérieur, scientifique, le plus grand nombre d'élèves en émancipant l'enseignement.

En second lieu et sur la même ligne, l'intérêt d'ouvrir au concours les fonctions de l'État qui exigent une supériorité d'instruction. A partir de ce moment, le fonction-

naire appartiendra au pays plus qu'à l'administration ; l'esprit de corps, fondé sur un privilége cette fois complétement légitime, s'agrandit et s'épure, ce qu'il a de bon reste, ce qu'il a d'exclusif et d'étroit disparaît. Il annihile tout ce qui lui est égal, il appelle tout ce qui lui est supérieur. L'administration puise sa force morale à la meilleure source ; car le concours est une élection qui, celle-là, est à l'abri des défaillances, puisque c'est sur l'instruction qu'elle s'appuie.

M. Severac fait observer que si le concours était appliqué au recrutement des ingénieurs de l'État, ceux mêmes qui ont passé par l'École polytechnique ne pourraient qu'y gagner. Généralement les ingénieurs des ponts et chaussées et ceux des mines ont tous à peu près le même avancement, quels que soient l'importance du service qui leur est confié, la région dans laquelle ils sont placés et le travail qu'ils fournissent ; le concours serait certainement pour eux un puissant stimulant.

M. le Président. La note du Comité ne demande pas la suppression du corps des ponts et chaussées ; elle entend développer tout, elle veut étendre et élargir et non détruire.

Dans notre pays de centralisation, avec nos ressources si inégalement réparties sur le territoire, il est impossible que les grands travaux publics puissent se faire sans le concours de l'État, et celui-ci sera toujours en droit d'exiger, en échange de sa participation, une large part d'intervention et d'avoir par conséquent son personnel d'ingénieurs, mais recruté par le concours.

En Angleterre le gouvernement a gardé son contrôle toutes les fois que l'association industrielle s'est chargée des services publics.

M. Alcan constate que le projet soumis à la Société rencontre l'unanimité. Je crois, dit-il, remplir un devoir en rappelant que cette proposition a été faite en 1848 par nos regrettés collègues Degousée, alors questeur de l'Assemblée nationale, et Faure. Elle fut, à cette époque, développée au sein d'une Commission législative, et tout semblait annoncer le triomphe du principe, mais des difficultés surgirent et on ne put vaincre certaines résistances dont je vais dire un mot.

A leur propos, je me rappelle une appréciation de l'ingénieur Brunel, qui me donnant, dans une conversation assez longue que j'eus avec lui, il y a trente ans, son avis sur notre situation : « En France, de longtemps vous progresserez peu dans la direction des travaux publics. Ce n'est pas au gouvernement qu'il faut en vouloir, il a les meilleures intentions, mais il est un peu dans la position du pape : Le pape voudrait bien avancer, il consentirait bien à faire des réformes, mais les jésuites sont là, ils ne veulent pas et ils sont tout-puissants. En France, en matière de travaux publics, le gouvernement voudrait bien aussi faire des réformes, mais les ponts et chaussées ne veulent pas. »

Je m'empresse de le répéter, ces paroles m'étaient adressées il y a trente ans. Aujourd'hui il n'en est plus de même : autres temps, autres besoins, les obstacles d'alors semblent s'aplanir, et nous avons la preuve que nos idées ont fait leur chemin parmi ceux mêmes qui les combattaient alors.

Lorsqu'au Comité nous avons discuté le texte de la note, il n'y eut pas de contestation, tant notre thèse a le caractère de l'évidence. On pourrait citer une foule de considérations à l'appui : bornons-nous pour le moment à citer ce qui se passe, par exemple, pour les élèves d'une institution analogue à celle de l'École polytechnique, pour ceux de l'École normale ; l'élève de l'École normale n'arrive à une chaire que par l'agrégation, pourquoi n'en serait-il pas de même pour les travaux publics?

Il faut modifier le mode de recrutement, et il faut surtout modifier, compléter et réorganiser notre instruction.

Il est malheureusement vrai que notre industrie n'est pas toujours, comme on vient de le dire, à la hauteur qu'elle aurait pu et aurait dû atteindre. Est-elle cependant inférieure? Sans être chauvin (on ne l'est pas à mon âge et surtout cette année), je ne pense cependant pas que l'industrie francaise ait failli à sa mission, car on peut affirmer qu'on lui doit une foule d'inventions de la plus haute importance et qu'il n'y a pas de découvertes et de progrès auxquels elle n'ait collaboré.

Ce qui a empêché parfois le développement de l'industrie, ce sont les débouchés et souvent l'arrivée économique des matières premières. De plus on ne fournit pas à nos jeunes recrues les données commerciales, les éléments de prix de revient, etc., qui complètent l'ingénieur, de telle sorte qu'ils se voient fréquemment préférer des hommes qui ne savent que l'arithmétique, mais qui connaissent bien les questions commerciales. Aux jeunes ingénieurs qui sont ainsi repoussés, il ne manque que ce qu'on ne leur a pas donné.

Quant au principe général, il y a des montagnes d'arguments à faire valoir en sa faveur, il ne faut pas nous lasser de les présenter. Nous avons raison, c'est beaucoup; mais cela ne suffit pas, il faut faire partager notre conviction et insister tous les jours. Nous avons aujourd'hui plus de chances que jamais, il nous faut redoubler d'efforts et ne pas nous borner à cette question. Il en est d'autres dont elle dépend, et entre autres celles concernant les lacunes de notre enseignement technique, qu'il convient d'aborder, et je prends, quant à moi, l'engagement d'en saisir la Société.

M. le Président fait remarquer que M. Alcan, en rappelant les efforts tentés en 1848 auprès de l'Assemblée nationale pour obtenir la réforme du système de recrutement des ingénieurs de l'État, n'a pas nommé celui des représentants qui a le plus énergiquement appuyé et défendu le projet. La Société ne doit pas oublier que ce représentant était M. Alcan.

M. Chabrier pense qu'il ne faut pas nous borner à des déclarations de principes et que la Société doit faire suivre cette discussion d'une action efficace.

M. le Président reconnaît qu'il faut que cette discussion porte ses fruits, il faut attendre l'initiative de chacun. Il est certain que toute mesure proposée pour donner à nos idées une sanction pratique sera la bien venue. Le Comité, en présentant le texte de la Note à la discussion, s'est borné à poser la question, à demander à la Société son approbation et par suite son concours moral, mais il n'a pas supposé qu'elle dût nécessairement être suivie d'une intervention personnelle de la Société.

M. Goschler demande que la discussion soit maintenue à l'ordre du jour des prochaines séances. Certaines objections ont été soulevées au sein du Comité, spécialement en ce qui concerne la mise en pratique des principes posés; on a cru devoir ajourner leur examen à la discussion d'ensemble, il est indispensable qu'elles soient représentées et discutées.

M. Chabrier insiste pour que la Société intervienne directement, il propose de nommer une Commission chargée d'étudier les démarches à faire pour obtenir un résultat.

M. le Président répond qu'il serait heureux que des moyens pratiques d'aboutir fussent proposés. Jusqu'ici il n'en entrevoit aucun; le Comité n'en a pas trouvé et a reconnu beaucoup de périls à sortir de la voie de mesure qu'il s'était tracée. Ce que

demande M. Chabrier est désirable mais fort difficile, en raison du désir que nous avons tous de garder les plus grands ménagements.

MM. De Dion, Goschler et Péligot pensent que le moment de nommer une Commission n'est pas venu et qu'il faut avant tout continuer et étendre la discussion.

M. Lejeune appuie la proposition de M. Chabrier. L'idée émise par la Société exige une longue étude, parce qu'elle est complexe et qu'elle ne doit pas seulement se borner au seul mode de recrutement.

Pour en donner un aperçu, il fait remarquer que, suivant ce que vient de dire M. le Président, l'École polytechnique verse chaque année les quatre cinquièmes de ses élèves dans les cadres militaires. Personne ne conteste leur intelligence et la supériorité de leur instruction; M. le président a même établi que ceux d'entre eux qui se sont lancés dans les chemins de fer et l'industrie privée, et ce sont les privilégiés, selon le préopinant, y ont produit des hommes marquants; on devrait donc logiquement conclure que l'instruction supérieure du plus grand nombre qui est employé dans l'armée devrait être une cause de sa supériorité. Or, les faits récents n'ont que trop prouvé, au contraire, l'infériorité de nos armes spéciales et particulièrement de l'état-major et de l'artillerie.

C'est sous l'empire d'un douloureux sentiment patriotique qu'il tient à relever ce fait.

Si l'industrie privée, d'une part, et l'État, d'autre part, tirent un parti si différent des mêmes hommes, on est amené à penser qu'il existe un vice inhérent à nos services publics, vice qu'il faut rechercher pour y porter remède.

La question du recrutement, en admettant même qu'elle soit résolue selon les vues de la Société, ne donnerait pas, sans des réformes administratives, les résultats désirables, si les hommes, si instruits qu'ils soient, venaient, une fois incorporés, échouer sous une pression administrative énervante.

M. Lejeune propose en conséquence la nomination d'une Commission qui aurait pour mission de rechercher les voies et moyens propres à réaliser l'idée émise par la Société. Chacun des points de ce programme serait discuté en séance, et, lors même qu'il ne devrait pas s'ensuivre une manifestation positive, les discussions auxquelles il donnerait lieu n'en porteraient pas moins leurs fruits.

M. Dallot pense que c'est surtout une action sur l'opinion publique qu'il nous faut exercer et qu'il n'y a pas d'autre résultat possible. Tout le monde est d'accord ici; soit: mais il faut encore agir sur l'opinion des personnes compétentes et de toutes celles que la question intéresse spécialement, et pour cela donner les développements les plus larges à la discussion : ouverte aujourd'hui avec ampleur par M. le Président, elle doit être étendue et précisée; on a à aborder les points de vue moins généraux et à étudier les détails. Il propose, en conséquence, de laisser du temps à la discussion et de réserver la nomination d'une Commission pour le moment où elle deviendra opportune, après que la question aura été envisagée sous toutes ses faces.

M. Chabrier croit que si le comité a éprouvé quelque embarras dans le choix des voies et moyens, cela pourrait être dû au titre même donné à la question qui nous occupe : le recrutement des ingénieurs de l'État. Il la considère comme plus étendue et plus élevée, c'est pour lui la question de l'enseignement technique supérieur. La nomination d'une Commission de l'instruction technique lui paraît parfaitement justifiée.

M. le Président répond à cette dernière considération que le dépôt très-prochain du nouveau projet de loi sur l'instruction publique, dans lequel il croit savoir que l'enseignement technique supérieur occupe une large place, fournira une occasion naturelle de traiter la question au point de vue qu'indique M. Chabrier.

Après quelques observations de MM. Péligot, Goschler et Thomas, et sur ia proposition de M. De Dion, l'assemblée décide qu'il sera ultérieurement statué sur la question de savoir s'il sera procédé à la nomination d'une Commission et que la discussion restera à l'ordre du jour des prochaines séances.

M. Delasalle, autorisé à assister à la séance, donne une analyse succincte de sa brochure intitulée: « La suppression de l'École polytechnique. » Il retrace l'historique de l'École et passe en revue les divers services publics qu'elle alimente.

M. le Président, tout en constatant que dans les opinions exprimées par M. Delasalle il y a un petit nombre de points sur lesquels ses idées peuvent être partagées par les membres de la Société, insiste vivement sur ce fait, que, dans toutes les discussions qui ont eu lieu au sein du comité et à la Société, il n'a jamais été question de demander la suppression de l'École polytechnique, le contraire serait plutôt conforme à l'opinion générale de ceux qui ont pris part à la discussion.

Nous croyons à la nécessité d'une transformation de l'enseignement technique et du mode de recrutement des ingénieurs de l'État, et pour cela nous demandons, non pas, certes, de supprimer une école qui est et a été l'honneur du pays par la hauteur de son enseignement, mais, au contraire, de la développer, de l'étendre, d'en permettre l'accès à tous et d'agrandir le cercle de son action.

Nous voulons, en un mot, que notre industrie soit transformée et vivifiée par la science, et nous ne trouverons jamais que les foyers en soient trop nombreux.

MM. Gillotin, Janicki, Léger et Verrier ont été reçus Membres sociétaires.

Séance du 15 Décembre 1871.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE.

Présidence de M. Yvon-Villarceau.

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 16 décembre 1870,

de		1014
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de		43
		1057
A déduire par suite de décès	15	
— de démissions	19	60
— de radiations	26	
Nombre total des Sociétaires au 16 décembre 1870		997

Les recettes effectuées pendant l'année 1871 se sont élevées à :

		fr. c.	
1° Pour le service courant (droit d'admission, cotisations, amendes, intérêts des obligations, location de la salle des séances, vente de Bulletins)		31,492 76	75,597 08
2° Pour l'augmentation du fonds social inaliénable (exonérations et dons volontaires)	3,610 »	44,104 32	
3° Vente d'obligations au même fonds.	38,494 32		
4° Produit de l'emprunt décidé en décembre 1870	2,000 »		
Il reste à recouvrer pour droits d'admission, cotisations de 1870 et 1871, et amendes			16,807 »
Total à l'avoir de la Société			92,404 08

Au 15 décembre 1870, le solde en caisse était de	2,275 13	77,872 21
Les recettes effectuées pendant l'année 1871 se sont élevées à	75,597 08	

Les sorties de caisse se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses, impressions, appointements, affranchissements, etc., etc	19,767 40	55,072 24
3° Pour payements à valoir sur les travaux de l'hôtel de la Société	35,304 84	
Excédant de recettes restant en caisse à ce jour		22,799 97

Dont 1,433 fr. 27 c. appartiennent au capital inaliénable, et 21,366 fr. 70 c. au fonds destiné aux dépenses courantes.

La Société possède en outre :

1° En portefeuille, 160 obligations du chemin de fer du Midi, ayant coûté	48,929 03
3° Un terrain de 198m.35 et une construction sur lesquels elle a déjà payé	128,562 80
Total	177,491 83

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes du trésorier, et propose de voter des remercîments à M. Loustau, pour son dévouement aux intérêts de la Société.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président propose à l'assemblée d'autoriser la vente des obligations nominatives du chemin de fer du Midi restant en portefeuille, pour en appliquer le produit aux payements à faire aux divers entrepreneurs, pour terminer les travaux de la construction de l'hôtel de la Société, ainsi qu'au payement de la somme due sur le terrain acheté par la Société pour son hôtel.

Cette proposition est adoptée et M. le Président, M. le Trésorier et l'un des Secrétaires sont autorisés à opérer cette vente.

Il est ensuite procédé aux élections des membres du Bureau et du Comité pour l'année 1872.

Ces élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président : M. Muller (Émile).

Vice-Présidents :

MM. Jordan (Samson).
Desgrange.
Molinos (Léon).
Mayer (Ernest).

Secrétaires :

MM. Tresca (Alfred).
Marché (Ernest).
Morandière (Jules).
Leygue (Léon).

Trésorier : Loustau (G.).

COMITÉ.

MM. Vuillemin (Louis).
Farcot (Joseph).
Alcan (Michel).
Chobrzynski.
Callon (Charles).
Benoît-Duportail.
De Dion (Henri).
Yvon-Villarceau.
Brüll.
Goschler (Charles).

MM. Salvetat.
Chabrier (Ernest).
Forquenot.
Péligot (Henri).
Tronquoy (Camille).
Richard (Jean-Louis).
Lavalley.
Thomas (Pierre).
Dupuy (Léopold).
Guillaume (Henri).

COMMUNICATION DU COMITÉ

SUR LE SYSTÈME

DE RECRUTEMENT DES INGÉNIEURS DE L'ÉTAT

Messieurs,

Les malheurs qui viennent de frapper si cruellement notre pays ont démontré la nécessité de réformes considérables, et il faut placer au nombre des plus urgentes celles qui touchent à la fois aux services de l'État et à l'enseignement général. Le système de recrutement des ingénieurs de l'État et l'organisation de l'École polytechnique sont des questions qui présentent ce double caractère. Il nous a semblé que la Société des Ingénieurs civils ne pouvait se soustraire à une étude d'une si haute importance. Son intervention est légitimée par sa compétence incontestable, par les intérêts de l'industrie que personne mieux qu'elle ne peut représenter, par ceux du pays tout entier dont la réorganisation énergique et puissante réclame l'effort de tous les bons citoyens. Votre comité a consacré plusieurs séances à l'examen de cette grave question, et il a cru nécessaire de vous présenter un résumé des considérations principales qui ont été développées dans le cours de la discussion. C'est l'objet de cette courte note.

Si on étudie l'organisation de l'École polytechnique et de ses annexes, à côté du savoir de ses ingénieurs, de l'honorabilité de leur corps, des services qu'ils ont rendus, on est tout d'abord frappé de ce fait, que, loin d'être constituée pour la diffusion de la science, elle est, par une déviation singulière des principes qui ont présidé à sa création, devenue absolument exclusive.

Si, en effet, on écarte l'élément militaire qu'il n'y a pas lieu d'examiner ici, et qui sera nécessairement, par suite de l'adoption du service militaire obligatoire pour tous, l'objet de réformes radicales, le nombre des ingénieurs formés à l'École polytechnique n'est que de vingt-cinq à trente par an.

Or, c'est assurément une idée qui n'appartient plus à notre époque que de faire concourir à vingt ans quelques jeunes gens pour les réunir dans une école fermée, d'où ils sortent chargés des plus graves intérêts du

pays, constitués en un corps inaccessible et seul entre tous où les efforts personnels ne soient pas stimulés par une libre concurrence.

Le mode de recrutement des ingénieurs de l'État est une anomalie dans l'ensemble de notre système administratif. S'il est bon, il faut le généraliser et l'appliquer partout; autrement il le faut modifier, en le faisant rentrer dans la forme commune. Or qui voudrait proposer au gouvernement d'instituer une école dans laquelle on ferait entrer des jeunes gens choisis avant vingt ans pour en faire des magistrats, avec cette condition que l'État s'interdirait expressément de nommer un procureur général ou un conseiller en dehors de cette école? Est-ce qu'une semblable mesure ne provoquerait pas d'universelles protestations? Est-ce que tous les avocats, tous les magistrats ne se lèveraient pas pour soutenir le système actuel, qui permet à l'État de désigner aux diverses fonctions de la magistrature des hommes choisis dans le barreau, et qui, par leur carrière antérieure, le talent qu'ils ont montré, leur caractère, ont donné de leur valeur une mesure bien autrement exacte et sûre que ne peut le faire un examen passé avant vingt ans?

De même l'université s'est réservé toute liberté dans le choix de ses professeurs. Elle a institué des programmes de concours; elle accepte tous ceux qui satisfont à ces programmes, sans leur demander compte de l'école où ils ont acquis les connaissances qu'elle exige. Et elle doit à ce système un grand nombre de ses plus savants professeurs.

Les positions officielles des médecins et des chirurgiens qui ont le plus d'analogie avec le service de l'État sont les fonctions de médecins des hôpitaux et d'agrégés aux facultés. Est-ce qu'on a pensé à fonder une école où les quelques sujets nécessaires chaque année à ces fonctions entreraient avant vingt ans? On s'en est bien gardé, et ce sont encore des concours auxquels se présentent des médecins de talent, quel que soit leur âge, qui décident des choix.

L'École polytechnique présente donc bien seule cette anomalie, qu'un examen passé à vingt ans sert comme base unique au recrutement d'un corps important. De telle sorte que si un ingénieur illustre comme Stephenson, par exemple, se faisait Français, et venait avec tout son glorieux passé de travaux de chemin de fer, de construction de machines de toutes espèces, de ponts, de ports, etc., offrir au gouvernement ses services, celui-ci se verrait dans la nécessité de répondre par un refus.

Il existe d'autres raisons, pour ainsi dire d'ordre moral, qui s'élèvent avec force contre le régime actuel. Et ici nous touchons à une partie délicate du sujet; ce n'est cependant pas une raison pour ne pas dire hautement ce que tant de personnes judicieuses et éclairées se contentent de penser.

C'est d'abord une erreur de croire que quelques examens passés au début de la vie soient un critérium si sûr qu'ils puissent servir à classer définitivement des hommes suivant leurs aptitudes réelles. Un homme

de valeur se compose de qualités complexes, dans lesquelles le jugement, la volonté, le caractère jouent un rôle considérable ; les aptitudes de mémoire, qui suffisent quelquefois à faire passer de brillants examens, ne mettent pas ces qualités en relief. Aussi voyons-nous souvent des jeunes gens ne pas justifier à trente ans les espérances qu'ils avaient données tout d'abord ; et réciproquement des hommes, dont le développement intellectuel a été plus lent, nous surprendre par une capacité de production que nous n'aurions pas soupçonnée en eux dans leur jeunesse. C'est donc une faute et une perte pour la Société que de ne pas laisser à chacun la libre expansion de ses facultés, en se réservant la possibilité de les utiliser au mieux des intérêts de tous. Mais ce qui est plus grave, c'est que le système lui-même est une cause d'amoindrissement pour les sujets qui paraissent en profiter, et qui en réalité en sont victimes.

On demande à des jeunes gens, au début de leur carrière, un violent effort qui dépasse souvent leurs forces. Ces jeunes gens ont le sentiment de l'effort accompli et de la compensation qu'on leur doit. Ils regardent leur titre comme une conquête définitive que rien ne peut atteindre sans injustice. C'est donc, pour beaucoup d'entre eux, non pas l'accès à des fonctions qui vont donner carrière à leur activité, mais bien une propriété acquise à grand'peine qui les dispense pour le reste de leur vie de tout effort nouveau. Ainsi envisagée, la fonction est faite pour le fonctionnaire, et rien n'est plus funeste qu'un pareil renversement de l'ordre naturel des choses. La vie est un combat, c'est une lutte de tous les instants qui est la source même du progrès. On ne peut soustraire un homme à ces conditions normales de la vie sans l'amoindrir, sans éteindre plus ou moins en lui l'activité intellectuelle qui soutient et développe ses facultés. Voilà certainement pour tous les esprits qui vont au fond des choses un des plus grands inconvénients de ces systèmes qui fixent irrévocablement toute une carrière au début de la vie. Et qui ne sait aujourd'hui quelle part a eue dans nos désastres ce fonctionnarisme routinier et endormi, trop répandu en France dans l'armée comme dans les carrières civiles !

Aussi notre critique porte-t-elle sous ce rapport plus loin que le sujet qui fait l'objet spécial de notre étude. Ce doit être une préoccupation constante d'un gouvernement éclairé, que d'introduire dans toutes les fonctions administratives, par de sages dispositions, l'esprit d'émulation et de concurrence, le sentiment de la responsabilité, afin de stimuler les efforts de tous.

Il faut ajouter encore une considération qui, quoique secondaire, est loin d'être sans valeur. Le système des examens avec limite d'âge exerce une influence désastreuse sur le niveau des études. Pour arriver à temps, il faut écourter les études qui ne font pas partie de programmes déjà si chargés. Il faut se spécialiser, et c'est aux dépens de l'instruction générale et du développement intellectuel. A mesure que le domaine des

sciences ira en s'accroissant, que les réformes nécessaires dans l'instruction viendront imposer aux jeunes gens de nouvelles études trop négligées de notre temps, telles que les langues vivantes, l'économie politique et les éléments du droit que tout le monde devrait posséder, et sans lesquels on est à peine capable de faire un citoyen, l'inconvénient que nous signalons s'accusera de plus en plus. Qu'on laisse donc à chacun un usage plus indépendant et plus personnel de ses facultés. Pourquoi contraindre un jeune homme à atteindre à vingt ans un but déterminé lorsque quelques années plus tard, s'il pouvait s'instruire à sa guise, il en atteindrait un bien plus élevé ?

L'organisation actuelle de l'École polytechnique a persisté au milieu de bien des vicissitudes qui ont atteint tant d'institutions autour d'elle, par plusieurs raisons. Ses débuts ont d'abord été entourés de tout l'éclat que pouvaient prêter à une œuvre d'enseignement les noms illustres de ses fondateurs. Elle répondait à une nécessité de premier ordre. Les inconvénients du système étaient bien moins sensibles lorsque l'industrie naissait à peine et que le besoin d'un grand nombre d'ingénieurs instruits ne se faisait pas encore sentir. Elle compte d'ailleurs au nombre de ses anciens élèves beaucoup de savants distingués qui ont contribué puissamment à la soutenir et à la défendre contre les critiques qui, depuis vingt ans surtout, ont commencé à l'ébranler. Mais ce n'est pas au système d'exclusion, que nous combattons, que les résultats heureux de l'enseignement de l'École polytechnique doivent être attribués; autrement il faudrait conclure que la France a été plus illustrée dans ce siècle par les savants sortis de l'École polytechnique que par ceux qui sont étrangers à cette École, ou par ses jurisconsultes et par ses médecins, et certainement personne ne voudra soutenir une proposition aussi fausse. Au contraire, l'organisation même du corps des ingénieurs de l'État étouffe les esprits vigoureux, et bien peu de ces ingénieurs, si même on en peut citer un seul, ont pu parcourir ces carrières brillantes, remarquables surtout par la variété des travaux et les progrès accomplis dans les branches les plus diverses de l'art de l'ingénieur, dont la vie des Stephenson, des Brunel, etc., nous a donné de si grands exemples. Aussi, si les nations qui nous entourent et qui ne nous sont inférieures ni par le niveau de la science, ni par leurs travaux publics, ni par le développement industriel, ont fait quelquefois des emprunts à l'enseignement de l'École polytechnique, toutes se sont bien gardées d'imiter l'organisation exclusive de notre corps d'ingénieurs.

Comment donc réformer un système qui ne présente que des inconvénients sans profit pour personne ? Rien ne nous paraît plus facile, et nous allons indiquer nettement les principes sur lesquels doivent être basées les réformes qui nous paraissent aujourd'hui plus que jamais nécessaires.

Notre but est de répandre l'instruction, d'en élever le niveau s'il est possible, d'introduire l'esprit d'émulation et de progrès, non pas seule-

ment dans un corps restreint comme l'est aujourd'hui celui des ingénieurs de l'État, mais dans cette partie considérable de la nation qui se livre à l'étude des sciences, en offrant à chacun, à toute époque de sa vie, le moyen de conquérir un grade honorable comme récompense de ses efforts et de son travail. Nous voulons d'ailleurs combattre cette idée funeste et étroite, et malheureusement bien française, qu'une instruction supérieure ouvre nécessairement un droit à une fonction de l'État.

Pour remplir ce programme, il n'y a rien à détruire ; il n'est pas nécessaire de rompre avec le passé : il suffit d'introduire dans le système de l'École polytechnique quelques modifications qui la rapprocheraient d'ailleurs du but que se proposaient ses illustres fondateurs. L'École devrait être ouverte, sans limite d'âge, à tout élève justifiant par un simple examen de capacité qu'il est en mesure de suivre les cours.

Elle ne distribuerait plus des places, mais des diplômes, et l'État choisirait les agents dont il a besoin pour les services publics, soit directement parmi ces diplômés, comme il prend ses magistrats dans le barreau, soit, si on le préfère, à l'aide de concours, comme les hôpitaux le font pour leurs médecins.

En tous cas, les concours seraient toujours publics et accessibles à tous, suivant le sage principe admis par l'Université.

Mais, à notre avis, les réformes ne devraient pas se borner à ces modifications très-faciles à réaliser d'ailleurs. Nous voudrions voir grouper en un faisceau tous les éléments que l'État possède aujourd'hui en établissements scientifiques et techniques : le Conservatoire des arts et métiers, l'École centrale, l'École polytechnique et ses annexes, et constituer, à l'aide de ses ressources, une puissante Faculté ou plusieurs Facultés établies à Paris et dans quelques villes de France comprenant divers degrés d'enseignement et distribuant des grades comme les Facultés des lettres, de droit et de médecine. Une foule de jeunes gens, auxquels des circonstances spéciales, ou même le défaut d'aptitudes suffisantes ne permettent pas d'aspirer à la carrière d'ingénieur, viendraient puiser, dans les premiers degrés de cette instruction, des connaissances toujours utiles pour des fonctions plus modestes. Ceux chez qui l'expérience révélerait la vocation pourraient ainsi continuer leurs études, souvent même après avoir acquis sur le terrain des connaissances pratiques précieuses, et atteindre à tout âge à tous les grades.

Nous nous bornons, à dessein, à indiquer les lignes générales du système, parce que nous ne voulons poser que des principes. Les détails d'exécution, la discussion des programmes des cours et des concours conduisant aux divers grades seraient sans doute d'une haute importance; l'on peut d'ailleurs différer d'opinion sur ces questions, sans toucher aux principes mêmes que nous voudrions faire prévaloir. Mais il ne faut pas réfléchir longtemps aux conséquences d'une pareille réforme, pour reconnaître qu'elles seraient considérables, et qu'elles conduiraient au

but que tout le monde doit poursuivre aujourd'hui : diffusion de l'instruction scientifique ; émulation introduite dans un corps nombreux par l'appât très-légitime des grades ; liaison plus intime entre la science pure et les applications ; élévation du niveau des hautes études ; facilités données à chacun, au grand profit du pays, pour diriger sa carrière suivant ses aptitudes, sans exclusions prématurées et par conséquent sans forces perdues.

On voit que cette organisation est basée sur le plus juste des principes, le concours. Elle écarte seulement des restrictions surannées qui nuisent au pays, en entravant la diffusion de l'instruction ; au gouvernement, en le privant de services précieux ; au corps des ingénieurs de l'État lui-même, en détournant de lui l'émulation et la concurrence, sans lesquelles il n'y a ni progrès ni même justice. Nous avouons d'ailleurs ne pas apercevoir les objections qu'on peut nous opposer. Nous demandons, en définitive, qu'on fasse des ingénieurs comme on fait des avocats et des médecins. Nous voudrions que l'État puisât dans ce corps d'ingénieurs ses fonctionnaires, comme il puise ses magistrats dans le barreau, comme l'université prend ses professeurs, comme les hôpitaux reçoivent leurs médecins. Pour repousser cette proposition, il faut démontrer que le mode de recrutement employé pour toutes les carrières libérales en France, sauf pour les corps d'ingénieurs de l'État, est vicieux et produit de mauvais résultats ; que notre barreau, nos magistrats, nos professeurs, nos médecins sont par conséquent inférieurs à nos ingénieurs, et il ne nous semble pas qu'une pareille thèse puisse être soutenue avec beaucoup de succès.

NOTE

SUR LA

NOUVELLE ARTILLERIE LÉGÈRE SUISSE

EXTRAITE DU RAPPORT

FAIT A LA COMMISSION FÉDÉRALE D'ARTILLERIE EN DÉCEMBRE 1870[1]

TRADUITE ET COMMUNIQUÉE

PAR **M. H. A. BRUSTLEIN.**

INTRODUCTION. — L'expérience de la guerre actuelle a pleinement confirmé les prévisions de tous les officiers intelligents et instruits. Ils soutenaient que dans les batailles modernes le rôle de l'artillerie deviendrait plus important que jamais, et ils fondaient leur opinion sur la supériorité de précision dans le tir et sur les effets d'éclatement constatés dans les polygones avec les canons se chargeant par la culasse et avec des projectiles munis de bonnes fusées, faits qui ne pouvaient manquer de produire leurs résultats en campagne.

Maintenant il ne peut évidemment plus être question de revenir à l'emploi de canons lisses et de projectiles sphériques. L'expérience est venue subitement convaincre les plus aveugles et les plus routiniers; et, quoique l'opinion publique exagère peut-être l'importance de l'artillerie en général, et en particulier celle des gros calibres et du chargement par la culasse, l'artillerie suisse ne peut que s'en féliciter, puisque la pression de l'opinion lui fournit l'occasion de réaliser un projet depuis longtemps à l'étude.

La guerre actuelle prouve, en effet, qu'il faut que notre pays (la Suisse) augmente le nombre de ses bouches à feu et réforme une partie de son matériel, notamment la pièce de 4 se chargeant par la bouche.

Les faibles revenus du pays limitent nos ressources quant au nombre

1. Ce rapport a été publié dans la *Zeitschrift f. d. schweizerische Artillerie*. — Juin et juillet 1871.

des pièces; aussi devons-nous reporter tous nos soins à rechercher pour nos canons le maximum de puissance et d'effet utile, tout en n'exagérant cependant pas trop le poids attelé.

Notre pièce de 8 actuelle, se chargeant par la culasse, surpasse toutes les autres pièces de campagne par la puissance de ses effets. Il est vrai de dire qu'elle est aussi la plus lourde, et, s'il fallait la modifier, nous pensons qu'il conviendrait plutôt de chercher à diminuer son poids qu'à augmenter sa puissance.

Notre pièce de 4, qui se charge par la bouche, ne le cède aux meilleures pièces de campagne (comme celles des armées prussiennes et belges) qu'à cause de l'infériorité inhérente au système de chargement et aussi à cause du moindre nombre de coups contenus dans l'avant-train. Par contre, en exceptant seulement les pièces de cavalerie autrichiennes, nos pièces de 4 sont, parmi toutes les batteries légères attelées de 6 chevaux, celles qui donnent le moindre effort de traction par cheval..

Le premier perfectionnement à adopter pour nos pièces de 4 consiste donc, au point de vue de la précision, à les transformer en pièces se chargeant par la culasse. Mais pour que ce chargement fournisse tous les avantages qu'on peut en attendre, il faut refondre l'ancien matériel et créer un projectile nouveau.

En supposant déterminées, de la façon la plus avantageuse possible, toutes les parties du tracé du projectile et du canon, ainsi que la charge de poudre, l'effet utile dépendra du poids du projectile. De celui-ci, ainsi que du nombre de coups à loger dans l'avant-train, dépend à son tour le poids complet de la pièce attelée.

Par suite, si nous adoptons un poids égal ou inférieur à celui en usage dans les autres pays, nos pièces, même parfaites, n'auront jamais qu'une puissance qui pourra être au moins égalée par les artilleries étrangères. Or nos adversaires éventuels pourront toujours mettre en ligne un nombre de canons bien supérieur au nôtre; il nous faut donc absolument compenser l'infériorité du nombre par une puissance plus grande. Nous ne pouvons pas nous permettre d'avoir les pièces de campagne les plus légères; il nous faut des pièces plus puissantes qu'aux autres nations. La mobilité moins grande de nos troupes prises en masse, le manque de cavalerie, la configuration de notre sol qui ne permet guère aux batteries des évolutions rapides, contribuent encore à nous faire préférer des pièces de campagne plus puissantes et plus lourdes que celles généralement en usage. Il est donc logique que, dans la transformation que nous projetons pour nos pièces de 4 en canons se chargeant par la culasse, nous adoptions une charge et un projectile plus lourds, ainsi qu'une augmentation de poids attelé.

Détermination du poids de la pièce attelée.

La guerre actuelle semble indiquer que le poids de 4 kilog. est trop petit pour le projectile d'artillerie légère. Nous avons assisté à une nouvelle édition d'un fait d'expérience connu : en temps de paix, les nations rivalisent pour la légèreté de leur artillerie, tandis que, si la guerre se prolonge, elles cherchent plutôt à rivaliser par la puissance des pièces. Il est nécessaire toutefois que nous nous gardions de tout excès, dans un sens comme dans l'autre.

Nos pièces de 4 se chargeant par la bouche représentent un poids attelé de 1,450 kilog. avec 36 coups. Avec leurs six chevaux, elles constituent, ainsi que nous l'avons déjà dit, l'artillerie la plus légère, sauf celle de la cavalerie autrichienne. La pièce de 4 prussienne, qui est ensuite la plus voisine de la nôtre comme légèreté, comporte un poids attelé de 1,570 kilog. avec 49 coups et un projectile un peu plus lourd que le nôtre.

En adoptant 1,600 kilog. pour le poids de notre nouvelle pièce attelée de 6 chevaux, elle rivaliserait encore de légèreté avec toutes les autres artilleries. Un poids de 330 kilog. par cheval (y compris 5 hommes montés) est, d'après toutes les données, un poids modéré, et même, en cas de manque de chevaux, la pièce serait encore facilement traînée par 4 chevaux avec les hommes non montés. Or cette augmentation de 150 kilog. de poids attelé par pièce permettrait de loger plus de coups dans l'avant-train, et, même abstraction faite du chargement par la culasse, d'augmenter le poids du projectile et de sa charge.

L'artillerie anglaise a admis 1,600 kilog. comme poids attelé minimum pour les batteries destinées à l'armée des Indes, tout en considérant la mobilité comme une condition essentielle pour la circonstance.

Détermination des poids du projectile et de la bouche à feu.

Une fois admis le poids de 1,600 kil. pour notre nouvelle pièce attelée, il nous reste à voir comment il peut être réparti le plus avantageusement en supposant que nous conservions notre matériel actuel d'affût et d'avant-train. Le poids de ce matériel adapté au chargement par la culasse peut être défini comme suit :

Avant-train sans armements ni compartimentage.	357k
Compartimentage pour munitions destinées au chargement par la culasse.	18k,5
Armements de l'avant-train, comme pour la pièce de 8, avec pelles et pioches.	20k,5
Armement du coffre d'avant-train.	10k
Total pour l'avant-train.	406k

Affût sans armements ni assortiments	480^k
Armement extérieur comme pour la pièce de 8	19^k
Armement intérieur comme pour la pièce de 8	5^k
Total pour l'affût	504^k
Poids total de l'avant-train et de l'affût	910^k
Il reste donc pour poids de la bouche à feu et des munitions	690^k
Pour compléter le poids déterminé	1600^k

Il s'agit donc de répartir le plus avantageusement possible un poids de 690 kil. entre la bouche à feu et les munitions à loger dans l'avant-train.

Or jusqu'à présent, dans nos pièces de campagne, nous avons toujours fait usage de charges de poudre relativement fortes, donnant des vitesses initiales également grandes, d'environ 390 mètres.

La pièce nouvelle devra fournir des vitesses initiales plus grandes encore, ou au moins égales, afin d'obtenir les avantages résultant de la tension des trajectoires. L'artillerie anglaise, pour sa nouvelle pièce des Indes, emploie des charges de $\frac{1}{5}$ et obtient des vitesses initiales de 420 m.

Toutefois il ne faut pas perdre de vue que l'augmentation de la vitesse initiale est assez limitée. Elle est proportionnelle seulement aux racines carrées des charges, tandis que l'effet du recul sur le canon et son affût croît plus rapidement que la charge. Aussi les grandes vitesses initiales sont coûteuses, sans compter que la résistance de l'air, proportionnelle au cube des vitesses, vient rapidement les faire diminuer. Aussi paraît-il plus avantageux d'augmenter le poids du projectile pour diminuer l'influence de la résistance de l'air, que de rechercher de trop grandes vitesses initiales par l'augmentation des charges de poudre. Nous considérons comme stériles les efforts qui seraient faits pour atteindre des vitesses supérieures à 400 mètres.

D'après les vitesses initiales que fournit notre pièce de 8 pour différentes charges de poudre et avec le même projectile, nous pouvons admettre qu'avec une charge de poudre normale n° 5 égale à 0,15 du poids du projectile on aurait une vitesse initiale de 415 mètres. Dans la pièce que nous étudions, dont le calibre est plus petit, la force de la poudre sera moins bien utilisée et on n'obtiendra probablement qu'une vitesse initiale de 410 mètres. Quoi qu'il en soit, cette vitesse, appliquée à un projectile suffisamment lourd, donnerait des trajectoires aussi tendues aux distances de tir utiles que les meilleures pièces de campagne actuellement en usage. Nous admettrons donc une charge de 0,15 du poids du projectile.

Si P représente ce dernier, la charge de poudre sera 0,15 P.

Si n est le nombre de coups qu'on veut loger dans l'avant-train, et P_m le poids total des munitions du coffre, nous aurons :

$$P_m = nP + 0,15.\ nP = 1,15\ nP.$$

Il est désirable que le coffre d'avant-train renferme le plus de munitions possible. Mais le nombre de coups est limité d'un côté par le poids de la charge et d'autre part par les dimensions du coffre existant. Toutefois nous pouvons le porter à 40 au lieu de 36 qu'il est actuellement. En comparaison de ce que font d'autres artilleries, le chiffre de 40 doit même être considéré comme un minimum. Donc $n = 40$ et $P_m = 46$ P.

Si donc nous appelons Q le poids de la bouche à feu, nous avons

$$Q + P_m = 690$$

ou

$$Q = 690 - 46\ P.$$

La théorie de la construction des pièces de campagne, ainsi que la pratique et les essais, démontrent que les bouches à feu en acier ou en bronze, même celles qui se chargent par la culasse, ainsi que les affûts, pourraient être plus légères qu'elles ne le sont pour les projectiles et les charges en usage, tout en présentant encore des garanties suffisantes de résistance, étant admis qu'elles soient bien construites.

Si donc la seule condition à observer pour le canon était d'éviter l'éclatement et pour l'affût d'éviter la rupture, on pourrait faire l'un et l'autre notablement plus légers. Si on les fait plus forts, c'est uniquement afin de ne pas avoir un recul trop rapide qui rendrait plus difficile le service de la pièce ou pourrait compromettre sa stabilité.

Les poids minimum à donner à l'affût et à la bouche à feu seront donc déterminés par le recul qu'on jugera bon d'admettre. Jusqu'à ces derniers temps on considérait des vitesses de recul de 1 à 2 mètres comme le maximum possible. Mais le désir d'établir des pièces à la fois légères et puissantes a conduit à dépasser beaucoup cette limite. Notre pièce de 8, pour laquelle on a admis dans le tir avec schrapnels des vitesses de recul de 2^m,70, est celle qui a le plus été au delà des limites ci-dessus et elle a prouvé que ces limites pouvaient être pratiquement dépassées. Depuis lors, l'artillerie russe s'est engagée dans la même voie, et pour sa pièce de 4 elle a adopté des vitesses de recul de 2^m,50 au minimum.

L'expérience que nous avons de notre pièce de 8 permet d'admettre, avec toute sécurité, une vitesse de recul de 2^m,50 pour la pièce de 4 que nous étudions.

Or, appelant :

v la vitesse du recul,
V la vitesse initiale du projectile,
q le poids de l'affût et du canon,

Nous avons l'équation

$$vq = VP$$

dans laquelle

$$V = 410 \text{ mètres}$$

$q = Q + 480$, c'est-à-dire le poids du canon Q, plus le poids de l'affût, 480 kilog.

Donc $$2,5\,(Q + 480) = 410\ P;$$

d'où $$Q = 164\ P - 480.$$

Mais on a vu plus haut que

$$Q = 690 - 46\ P;$$

donc $$690 - 46\ P = 164\ P - 480;$$

d'où $$P = 5^k,6,$$

puis $$Q = 132 \text{ kilog.}$$

Le nouveau canon, avec ses armements et équipements, représenterait donc un poids attelé de 1600 kil., et porterait dans l'avant-train 40 coups d'un projectile de $5^k,6$, se tirant avec 840 grammes de poudre, et donnant une vitesse initiale probable de 410 mètres.

Cette nouvelle pièce aurait sur l'ancienne l'avantage du chargement par la culasse et d'une plus grande quantité de munitions. Un projectile plus lourd et une charge de poudre plus grande lui assurent une puissance bien plus considérable qui peut encore être augmentée par un choix convenable du calibre.

Détermination du calibre.

Avec un projectile oblong de poids donné, on peut faire varier le calibre dans des limites étendues.

Les deux conditions à obtenir sont :

1° Une trajectoire très-tendue.

2° Les effets d'éclatement les plus favorables.

La meilleure trajectoire est celle qui se rapproche le plus de celle du projectile se mouvant dans le vide, et comme c'est la résistance de l'air qui contrarie la marche du projectile, la trajectoire sera d'autant moins satisfaisante qu'à poids égal et à vitesse initiale égale, la résistance de l'air sera plus grande. Or, celle-ci dépend de la section droite du projectile, c'est-à-dire du calibre. Donc le calibre le meilleur sera celui pour lequel le rapport du poids du projectile à l'aire de sa projection sur un plan normal à la trajectoire sera maximum.

On l'obtient avec des projectiles très-longs et convenablement équilibrés, pour lesquels le poids par centimètre carré de projection est très-grand. Si l'axe de ce projectile reste tangent à sa trajectoire, cette projection sera la même que celle faite sur un plan perpendiculaire à l'axe, et nous l'admettrons ainsi.

On serait donc conduit à adopter de petits calibres. Mais un projectile très-long offre de plus grandes difficultés pour son arrimage dans les caissons, et il a surtout un vide intérieur trop étroit ne pouvant recevoir que peu de poudre, ce qui donne de mauvaises conditions pour l'éclatement de l'obus et pour la dispersion convenable des balles du schrapnel.

Les deux conditions ci-dessus sont donc contradictoires, et, pour trouver un juste milieu, il faut s'éclairer des expériences faites.

La trajectoire doit être au moins aussi tendue dans la pièce que nous étudions que dans les meilleures pièces de campagne des artilleries étrangères. Or, en laissant de côté, dans cette comparaison, la pièce de 12 Armstrong, qui est un canon exceptionnel, et les pièces de 12 françaises et italiennes, qu'on ne peut plus compter parmi les pièces de campagne, on a en première ligne la pièce de 6 prussienne et la nouvelle pièce construite en Angleterre pour l'armée des Indes.

Dans la pièce prussienne, le poids du projectile divisé par le calibre donne un poids de 100 grammes par centimètre carré, et, dans la pièce anglaise, le même rapport est de 95 grammes.

Dans notre pièce de 8, ce rapport n'est que 90 grammes, et la différence est très-importante, comme on s'en assure en comparant la trajectoire de notre canon de 8 à celle du canon de 6 prussien. La comparaison n'est pas à l'avantage de notre pièce, qui fournit cependant des vitesses initiales considérablement plus grandes.

Or puisque, pour notre pièce à l'étude, nous adoptons une vitesse initiale encore plus grande que pour celle de 8, il est essentiel, pour bien utiliser cette vitesse, d'augmenter le rapport du poids au calibre. Il faut choisir un calibre qui donne un rapport au moins égal à celui de la pièce prussienne, soit 100 grammes par centimètre carré.

Avec notre projectile de 5k,6, la section sera donc 56 centimètres carrés, ce qui, pour un chambrage et une rayure analogues à celle de notre pièce de 8, correspond à un diamètre d'âme lisse de 84 millimètres. Notre pièce aura donc un calibre de 84 millimètres.

Ce calibre s'adapte bien à nos caissons et est encore assez grand pour que d'un côté l'obus et le schrapnel aient des effets satisfaisants, et que de l'autre les épaisseurs du canon en bronze soient amplement suffisantes pour résister au tir, tout en ayant assez de longueur pour utiliser la forte charge sans dépasser les limites calculées de poids.

Construction des projectiles.

On trouvera, pl. 34, figure 2, le dessin de l'obus, qui a 210 millimètres de long, contient 350 grammes de poudre, et est disposé pour donner environ 40 éclats. Il doit recevoir une fusée percutante, système prussien.

Le schrapnel (fig. 3, pl. 34), un peu moins long et muni d'une fusée à temps, analogue à la fusée Richter, contiendra 130 balles d'alliage de plomb et d'antimoine, de $16^{mm},5$ de diamètre, pesant 22 grammes chacune.

Les poids totaux de l'obus et du schrapnel seront les mêmes : $5^k,6$.

Ce poids est un maximum, de sorte que le schrapnel ne peut être plus lourd que l'obus. Il n'eût d'ailleurs pas été logique de faire l'obus plus léger en conservant la même charge de poudre. On aurait obtenu ainsi, il est vrai, des vitesses initiales un peu plus grandes, mais qui se seraient bientôt ralenties. De cette façon, au contraire, l'obus est dans de bonnes conditions pour agir aux plus longues distances avec une grande force de percussion contre des obstacles situés au delà du rayon d'action des schrapnels dont l'usage est différent.

Détermination de l'affût.

Au premier abord, il peut paraître téméraire de tirer des projectiles de $5^k,6$ avec 840 grammes de poudre dans des canons en bronze, qui ne pèsent que 432 kilog., et dont les affûts pèsent 480. Aussi nous ne voudrions pas prétendre que nos affûts actuels de 4 résisteraient tous : non seulement ils ne sont pas tout à fait rationnellement construits, mais souvent la matière première laisse à désirer. Cependant l'expérience que nous avons de nos affûts de 8 nous autorise à affirmer que, sans dépasser le poids de 480 kilog., on peut construire pour la pièce nouvelle un affût en fer présentant toutes les garanties de solidité. En effet, si du poids total de l'affût à construire, nous déduisons le poids des roues, des essieux, du marche pied, du sabot et de la chaîne du sabot, il nous reste pour le corps de l'affût un poids de 220 kilog. Or, dans la pièce de 8, le poids du corps de l'affût n'est que de 250 kilog., et il est incontestable qu'on pourrait diminuer ce poids de 30 kilog. sans compromettre la solidité. Si donc on peut arriver à établir un affût ne pesant que 220 kilog. pour la pièce de 8, il est évident qu'on y arrivera *à fortiori* pour la pièce de 4 à l'étude.

Détermination de la bouche à feu.

Quant à la bouche à feu elle-même, qui doit être en bronze et du poids de 432 kil., fermeture comprise, et lancer un projectile de $5^k,600$ avec

840 grammes de poudre, le dessin, fig. 1, pl. 34, montre qu'on peut la construire de façon à ce qu'elle présente au moins la même résistance que la pièce de 8 en bronze.

La nouvelle pièce a la même longueur que celle de 8; car il faut une longueur relativement grande pour utiliser convenablement la grande charge de poudre, et même avec cette longueur, le rapport du volume des gaz dans l'âme, pendant leur action sur le projectile, au volume de la charge de poudre, n'est que 7, tandis qu'il est 8 dans la pièce de 8. La chambre de la gargousse a une longueur telle que, lorsque le projectile est bien en place, le rapport du volume de cette chambre à celui de la poudre est de 1, 4, le même que dans la pièce de 8. La pression étant la même, la résistance de la nouvelle bouche à feu sera suffisante, si les épaisseurs de métal sont proportionnelles aux calibres dans les deux pièces.

Dans la pièce de 8, la chambre a 110^{mm} de diamètre, et le métal a une épaisseur maximum de 80^{mm}. Dans la nouvelle pièce de 4, la chambre ayant 89^{mm} de diamètre, l'épaisseur proportionnelle serait 64^{mm},5, et nous donnons 67^{mm},5. Il est vrai que la nouvelle pièce présente, jusqu'aux tourillons, une conicité plus grande que la pièce de 8, de sorte que l'épaisseur est réduite à la proportionnalité exacte, un peu au delà du cône de raccordement, près de la naissance des rayures entières, et est moindre depuis là jusqu'aux tourillons; mais cela ne peut nuire à la solidité. En effet, c'est au droit de la chambre, là où le canon est plus épais, que le métal travaille le plus. Quand le projectile a dépassé le cône de raccordement, la poudre est complétement brûlée, et la tension maximum des gaz a produit son effet; cette tension diminue ensuite si rapidement, à mesure que le projectile avance dans la volée, qu'au delà du cône de raccordement les épaisseurs pourraient encore être beaucoup réduites, sans cesser de présenter autant de sécurité contre l'éclatement que les épaisseurs plus grandes au droit de la chambre de la gargousse. A la bouche, la pièce de 8 a 32^{mm},5, et la pièce nouvelle, 31^{mm},5, ce qui est bien plus que suffisant, surtout quand on songe que notre pièce de 4 de montagne n'a guère plus d'épaisseur au droit du logement du projectile.

La bouche à feu est disposée pour recevoir la fermeture à coin simple, avec anneau Broadwell et une fourrure en acier pour recevoir l'anneau. Le diamètre de l'anneau obturateur et les dimensions de la culasse sont telles qu'elles garantissent dans tous les sens une résistance au moins égale à celle de la pièce de 8 (voir pl. 35).

La position des tourillons amène une prépondérance de 1/10 du poids du canon, fermeture comprise. La rayure a un pas de 40 calibres, soit 3^{m},36; il y a douze rayures qui se rétrécissent de la chambre à la bouche.

Le calcul exact du poids du canon projeté, fermeture comprise, en

admettant 8, 9 pour la densité du bronze, donne un poids de 436 kilog., qui s'éloigne peu du poids fixé *à priori* de 482 kilog.

Conclusion du rapport.

Cette étude de la transformation de la pièce de 4 se chargeant par la bouche, en pièce légère se chargeant par la culasse, prouve complétement qu'on peut établir un canon qui, avec une faible augmentation de poids, d'ailleurs sans inconvénients réels, a une précision bien plus grande, un projectile plus lourd, une vitesse initiale plus considérable, une trajectoire plus avantageuse en même temps qu'un plus grand nombre de coups dans son coffre d'avant-train.

Elle est cependant plutôt destinée à fixer les idées, à ouvrir la voie qu'à indiquer un type définitif devant être immédiatement construit. On peut en effet se demander s'il n'y aurait pas avantage à augmenter encore le poids attelé et dans quelle mesure. En tout cas, les considérations que nous avons résumées ici indiquent la marche à suivre pour l'établissement d'un canon donnant le maximum de puissance pour un poids attelé préalablement fixé.

Expériences pratiques.

A la suite du rapport résumé ci-dessus, la Commission fédérale d'artillerie décida la construction d'un canon avec son obus et son schrapnel, conformes au projet et reproduits dans la planche ci-jointe. Comme affût, on prit l'affût en fer de la pièce de 4, à plate-forme tournante, et on adapta à la vis de pointage des pignons coniques, comme dans la pièce de 8, afin de faciliter la manœuvre.

A la date de juin 1874, cette pièce avait tiré déjà plus de 600 coups avec des obus lestés, des obus chargés, des schrapnels et des boîtes à mitraille, sans que le canon et l'affût eussent subi d'autres dégradations que quelques bosses produites dans la volée par les culots en fer des boîtes à mitraille, bosses n'ayant aucune influence sur la précision du tir. La fermeture surtout a toujours parfaitement fonctionné.

La vitesse initiale avec l'obus de 5k,6, et 840 grammes de poudre n° 5, mesurée avec l'appareil Le Boulangé, n'a été que 396 mètres, ce qui provient de ce que la poudre employée n'avait pas la force de la poudre normale, et de ce que le constructeur avait fait une chambre à poudre un peu plus grande que dans le projet.

Le tableau suivant résume les divers essais de tir :

DISTANCES DE TIR. En mètres.	ANGLES RÉELS DE TIR.		ANGLES DE CHUTE.		VITESSES FINALES.
	DEGRÉS.	TANGENTES.	DEGRÉS.	TANGENTES.	
500	1° 8'	20	1° 12'	21	356 mètres
1000	2° 25'	42	2° 43'	48	321
1500	3° 52'	68	4° 37'	81	291
2000	5° 30'	96	6° 56'	122	264
2500	7° 21'	129	9° 48'	173	239
3000	9° 28'	167	13° [illegible]	220	2[illegible]
3500	11° 33'	210	17° 36'	317	195
4000	14° 42'	262	22° 57'	423	178

La justesse du tir jusqu'aux plus grandes distances se rapproche beaucoup de celle de la pièce de 8.

Les schrapnels en fer mince battu se comportèrent bien au point de vue de la solidité et des effets ; seulement quelquefois, l'enveloppe en fer ne s'ouvrait pas convenablement à l'éclatement.

Quant à l'obus, il faudra modifier son cloisonnement afin d'obtenir le nombre voulu d'éclats supérieur à 30. Les trous laissés dans les cibles aux plus grandes distances étaient parfaitement ronds, ce qui prouve que l'axe de l'obus se maintient sensiblement dans la direction de la trajectoire.

Après ces essais, le type définitif fut adopté, et il ne diffère de la pièce ci-dessus qu'en ce que la volée a été raccourcie de 0m,10, et le cône de raccordement fixé à 0m,06 de largeur au lieu de 0m,09.

Mulhouse, septembre 1871.

ÉTUDES

SUR

L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

RECHERCHE

DES MOYENS DE TENDRE LA TRAJECTOIRE

DANS LE CAS PARTICULIER DES PROJECTILES LÉGERS.

APPLICATION A UN PROJET DE PIÈCE DIVISIONNAIRE

PAR M. A. PINAT.

AUX ARTILLEURS.

Je soumets un nouveau travail aux officiers d'artillerie. J'ai reçu de beaucoup d'entre eux les témoignages les plus bienveillants à propos de ma première notice sur une artillerie volante. C'est un peu leur fait si j'ai osé cette fois aborder plus ambitieusement les grands côtés de la question si pressante de l'artillerie divisionnaire en France.

Les idées que je vais exposer ne sont, d'ailleurs, que des déductions fort immédiates et comme des *prolongements* tout indiqués des données conquises déjà par les travaux sur la matière. Les belles théories de Poinsot sur la rotation des corps, les intéressantes études du général Mayewski, et les savantes recherches de nos officiers français, ne sont pas seulement mes sources ; je n'ai fait, je crois, qu'en rassembler et utiliser les enseignements, en y joignant la considération de la vitesse relative de l'air par rapport aux différents points de la surface du projectile. Cette considération elle-même, assez féconde en déductions pratiques, est trop naturelle et trop simple pour que je puisse m'en croire l'initiative.

Du reste, le nouveau est difficile en artillerie avec la quantité d'esprits cultivés dont c'est le domaine dans tous les pays. Aussi ai-je rencontré, préexistante de toutes pièces, dans le canon Whitworth de campagne, une réalisation comme à dessein, bien que partielle seulement, du programme spécial auquel aboutit mon étude.

Les beaux éléments de tir du Whitworth deviennent ainsi une sanction toute faite de la partie théorique de mon travail, d'autant plus que les qualités spéciales de ce système d'artillerie, qui rompt franchement avec les perfectionnements les plus recherchés aujourd'hui, n'étaient pas, que je sache, bien nettement expliquées jusqu'à présent.

J'appuie de cette sanction ce que la même étude me conduit à proposer comme de nature à développer les propriétés heureuses du Whitworth, jusqu'à un point qui s'annonce comme très-séduisant. Je ne m'exagère pas toutefois la nouveauté de mes dispositions : on en trouvera des germes, soit dans les écrits sur l'artillerie, soit dans certains détails entrés dans la pratique des armements étrangers ; mais elles n'en paraîtront que moins insolites ; et il n'était pas indifférent de les réunir, de les justifier et surtout de les développer dans le sens de leur direction rationnelle.

C'est ce qui m'a fourni le corps de solution que je présente comme se donnant pour but la tension des trajectoires et ne prenant pour moyens que des déductions immédiates de considérations théoriques bien acquises.

Ce n'est nullement le Whitworth, et c'est en dehors, tout autant que lui, des errements de l'artillerie perfectionnée du jour. L'originalité ne fait donc pas défaut en fin de compte ; il n'y en a même que trop probablement pour l'accueil que cela peut me réserver.

Même dans la partie plus particulièrement théorique de mon travail, je n'ai pas voulu faire de la science. Après avoir rappelé celle des théories de Poinsot qui établit l'action d'un couple sur un solide animé d'un mouvement de rotation, je n'appuie mes déductions que de considérations élémentaires procédant graphiquement pour la plupart. Je laisse à d'autres le soin de fouiller les mêmes questions avec les élégantes ressources de l'analyse, elles y prêtent beaucoup ; mais les modestes méthodes que j'y applique suffisent pour des indications intéressantes et même pour la rédaction détaillée d'un programme d'essai. Or, quoi qu'on fasse, le dernier mot sera toujours à l'expérience.

A. Pinat.

ÉTUDES SUR L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

CHAPITRE PREMIER.

Préliminaires.

1... Quand un projectile est lancé dans l'air, son mouvement, quelque complexe qu'il soit, peut, d'après un principe fondamental de mécanique, se décomposer en deux autres accessibles à l'analyse, savoir :

1° Une translation du centre de gravité G du corps qui s'accomplit, sous l'influence de la vitesse initiale, comme si ce point était seul et que toute la masse y fût concentrée, en même temps qu'y serait appliquée la résultante de translation de toutes les forces.

2° Une rotation du projectile autour du point G, qui s'accomplit comme si ce point était fixe et sous l'influence à la fois du mouvement rotatoire initial et des couples qui résultent autour de G du transport fictif des forces en ce point.

Le parcours du centre de gravité est donc la trajectoire même du projectile. Son tracé dépend de la vitesse initiale de translation, qui détermine son premier élément; de la pesanteur, qui lui imprime dans le plan de tir une courbure dont la concavité est vers le sol; et de la résistance de l'air, qui agit de même en ce qu'elle réduit constamment la vitesse, mais qui de plus, n'étant pas tout à fait dirigée dans le plan de tir puisque le projectile tourne sur lui-même, imprime à la trajectoire une certaine *dérivation* hors de ce plan et en fait une courbe à double courbure.

2... On peut dire que dans le tir de plein fouet, le seul que j'examinerai, la balistique se donne pour but :

1° D'assurer d'un coup à l'autre, pour un même pointage, la constance de figure de la trajectoire : c'est la précision;

2° De tendre le plus possible la courbure de la trajectoire, c'est-à-dire d'en diminuer la flèche : c'est la portée maximum plus grande; et c'est aussi un tir plus efficace pour toutes les portées, car l'angle d'attaque du sol étant plus aigu, la zone dangereuse est plus développée.

Au premier de ces résultats, la précision, contribuent : le dosage constant des charges, le bon centrage dans l'âme, la régularité de forme et

l'homogénéité des projectiles ; toutes conditions qui assurent la constance en grandeur et en direction de la vitesse initiale de translation. Un autre élément capital de la précision est la rotation initiale du projectile sur lui-même. Or ce mouvement diffère essentiellement selon que l'âme du canon est rayée ou ne l'est pas. Au sortir d'une âme lisse, la rotation du projectile sur lui-même est capricieuse et irrégulière ; elle est par conséquent suivie, durant le trajet dans l'espace, d'une rotation autour du centre de gravité absolument désordonnée, donnant lieu, dans la résistance de l'air, à des composantes instantanées échappant également à toute réglementation et essentiellement variables d'un coup à l'autre. Les âmes rayées ont, au contraire, pour effet une rotation initiale du projectile autour de son axe de figure, c'est-à-dire autour d'un axe *permanent* de rotation, qui, dans l'espace, reste parallèle à lui-même ou ne varie de direction que selon des lois connues. L'influence de la rotation initiale sur les variations de la résistance de l'air, et, par suite, sur la courbure de la trajectoire, devient donc régulière. Aussi les armes rayées sont-elles la plus complète solution, jusqu'à présent, de la précision du tir.

Le second résultat, la tension de la trajectoire, dépend : de la charge en poudre relativement au poids du projectile, des frottements dans l'âme et de la bonne utilisation des gaz ; toutes conditions qui déterminent la grandeur de la vitesse initiale. Mais la résistance de l'air apparaît encore ici comme élément de premier ordre, et effectivement, après avoir assuré une grande vitesse initiale, le premier soin doit être de la conserver autant qu'il se peut. C'est le problème le plus laborieux de l'artilleur. Il se résume en ceci : *offrir à l'air le moins de prise possible ;* et les moyens sont en définitive :

D'abord augmenter la densité du projectile afin d'obtenir un moindre volume et une moindre surface pour une même somme de puissance vive ;

Ensuite allonger le projectile et assurer de façon ou d'autre la coïncidence constante de son plus grand axe avec la tangente à la trajectoire, de manière à ne présenter à l'action de l'air qu'une section transversale minimum.

Ce programme de simple bon sens constitue, en ce qui concerne le projectile lui-même, toute la question de la tension des trajectoires. L'antique flèche en était une solution heureuse ; la rayure des âmes en donne une autre bien remarquable, en ce qu'elle imprime au projectile un mouvement rotatoire autour de son grand axe qui se trouve dirigé lui-même selon la trajectoire à l'origine. Le rôle de la rayure est donc non moins important au point de vue de la portée qu'à celui de la précision.

La solution serait radicale si l'axe de figure restait constamment selon les divers éléments successifs de la trajectoire, comme il se trouve selon

le premier, au sortir de l'âme; mais il n'en est pas ainsi, des écarts angulaires variables se produisent, par suite desquels le projectile arrive pendant son parcours à offrir, non plus précisément sa pointe à l'action de l'air, mais plus ou moins son flanc, selon qu'est plus ou moins ouvert l'angle de l'axe avec la tangente à la trajectoire.

Diminuer cet angle semble donc le dernier réduit du problème de la tension des trajectoires pour les armes rayées. Et, en définitive, la poursuite de la question se pose en ces termes :

3... *Rechercher tous les moyens de maintenir à chaque instant l'axe de figure du projectile aussi près que possible de l'élément actuel de la trajectoire.*

Le tracé du projectile, la répartition de sa masse et la disposition de ses saillies ou ailettes, fournissent quelques-uns de ces moyens qui, pour être limités, ne sont pas insignifiants. C'est leur étude que je me propose.

Je crois inutile d'ajouter que la tension des trajectoires n'est pas la seule visée de cette recherche. La précision du tir ne saurait être désintéressée de tout ce qui régularise et refrène le mouvement relatif du projectile autour de son centre de gravité. Et, d'un autre côté, l'attaque du but par la pointe est la condition nécessaire de l'efficacité des fusées percutantes, comme d'une bonne pénétration.

Toutes mes déductions vont avoir pour base l'action d'un couple sur un solide animé d'un mouvement rotatoire. Je dois commencer par rappeler comment s'analyse cette action.

CHAPITRE II.

Action d'un couple sur un solide animé d'un mouvement de rotation.

4... Je ne considérerai que le cas particulier applicable aux projectiles tournants.

Soit G (fig. 1, pl. 36) le centre de gravité d'un solide abandonné à lui-même et animé, autour de l'axe permanent G A, d'une rotation initiale de vitesse angulaire ω. Que devient le mouvement autour du point G sous l'influence d'un couple étranger quelconque?

Soit GB, dans l'espace, la direction de l'axe de ce couple. La droite GB est dirigée du côté de G, qui convient au signe du couple. Soit a la

grandeur du couple, c'est-à-dire son moment autour de G. Soit P Q un plan de projection, contenant le point G, mais quelconque par rapport aux directions de l'axe de rotation et du couple. G T A I sera le plan projetant normalement l'axe G A sur P Q.

Prenons la longueur G A égale à la quantité de mouvement ω I, qui est le fait du *couple acquis* de rotation initiale (I représente le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe G A).

Prenons la longueur G B égale à $a.dt$, qui est l'impulsion angulaire du couple a pendant le temps infiniment petit dt. $a.dt$ est un infiniment petit par rapport à la quantité de mouvement angulaire, quantité finie, que représente G A.

Déterminons, au moyen du parallélipipède rectangle G C B E D, les projections orthogonales de G B ou $a.dt$, savoir : G C $= a'.dt$ sur l'axe de rotation GA ; GE $= a'''.dt$ sur une perpendiculaire à GA, dans le plan projetant ou son prolongement ; et G D $= a''dt$ sur une perpendiculaire aux deux premières projections. G D sera forcément dans le plan P Q et perpendiculaire à la projection GI de l'axe de rotation.

A l'impulsion $a.dt$ on peut substituer ses trois composantes $a'.dt$, $a''.dt$ $a'''.dt$, dont les grandeurs se trouvent ainsi déterminées par les longueurs des droites GC, GD, GE, qui, par leurs directions, donnent en même temps les signes et directions d'axes des couples composants a', a'', a'''.

5... Recherchons les conditions du mouvement pendant le temps dt, en composant successivement les petites impulsions de chacun des couples composants avec la quantité de mouvement ω I, que nous désignerons par la lettre C, et qui est exprimée sur la figure en grandeur, sens et direction d'axe par la droite G A.

6... $a'.dt$ dont l'axe se confond avec G A, c'est-à-dire avec l'axe du couple acquis d'où résulte la quantité de mouvement C, ne fait que modifier la valeur de cette quantité de mouvement, qui devient C $+ a'.dt$, sans aucun déplacement de l'axe initial de rotation.

7... $a''.dt$, normal à G A, ne modifie C en grandeur, par sa composition avec lui au moyen du rectangle G D A' A, que d'un infiniment petit du second ordre[1].

La diagonale résultante G A', restant dans le plan des deux composants, fera avec G A un angle infiniment petit α ; et, par suite de la petitesse de cet angle, conservera relativement au plan P Q la même inclinaison que G A.

Ainsi, en même temps qu'on aura G A' $=$ G A, ces deux axes feront,

1. Il est clair que je rappelle seulement ici les traits essentiels de cette théorie de Poinsot, et nullement les détails de démonstration.

avec la normale G T au plan P Q, le même angle θ. Le déplacement angulaire infiniment petit α, éprouvé par l'axe initial de rotation, du fait de l'impulsion $a''.dt$, est donc l'élément d'une surface conique de sommet G, de base A A', et dont la base a pour rayon de courbure la droite T A.

8... $a'''.dt$, normal également à C, ne modifie pas non plus sa grandeur en se composant avec lui, selon le rectangle GBA''A ; et la nouvelle diagonale résultante GA'' est encore égale à GA. Mais, comme les deux composants sont dans le plan projetant G T A I, l'axe résultant G A'' s'y trouve aussi. Le déplacement angulaire élémentaire éprouvé par l'axe initial de rotation, du fait de $a'''.dt$, est donc un accroissement $d\theta$ de l'angle primitif θ avec la normale G T. Autrement dit, l'axe initial décrit de ce fait le secteur élémentaire d'un cercle de centre G, dans le plan projetant.

9... Combinant ces résultats, on voit que, sous l'action simultanée des trois composants de a pendant le temps dt, la quantité de mouvement C a été modifiée dans sa grandeur par le premier seulement des composants ; et que *le pôle A* de l'axe de rotation initiale a été entraîné par l'action des deux autres en A_1 ; de sorte que le déplacement angulaire élémentaire de l'axe initial est l'élément d'une certaine surface conique autour de G comme sommet, et dont A A_1 forme l'élément de base.

10... On doit remarquer que le déplacement a lieu comme si le plan projetant GTAI entrait en rotation, par le fait du couple a'', autour de la normale GT, d'un angle dièdre élémentaire $d\gamma$, mesuré par l'angle des traces G I, G H ; et que simultanément, par le fait du couple a''', l'axe initial prît, dans le plan mobile qui l'entraîne avec lui, un déplacement angulaire $d\theta$.

11... Le plan projetant mobile GTAI est dit *plan azimutal.* J'appellerai a'' le *couple nodal,* et a''' le *couple de nutation.* On en verra plus loin les motifs (27).

12... Les deux vitesses angulaires de l'axe, qui correspondent à chaque instant aux actions respectives des couples a'' et a''', ont les expressions suivantes, que justifie la figure 1 :

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{a''}{C.\sin\theta},$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{a'''}{C}.$$

et le composant a' fournit la vitesse d'accroissement de la quantité de mouvement c :

$$\frac{dc}{dt} = a'. \tag{3}$$

13... Dans ces formules, les divers couples interviennent avec leurs signes respectifs qui, entrainent celui des vitesses. Dans l'exemple présenté par la figure 1, tout est positif; γ, θ et C croissent. Les divers couples, y compris le couple acquis de rotation initiale, agissent dans le sens des petites flèches que portent leurs axes dans la figure ; et notre convention doit être que ces flèches indiquent le sens qui sera considéré comme *positif* dans toute cette étude.

La valeur initiale de C étant connue, a étant donné en fonction du temps, l'intégration des trois expressions donnerait, pour un temps déterminé : β, γ et la quantité de mouvement autour de l'axe de figure.

14... Il faut bien observer :

1° Que le plan de projection est quelconque, ainsi que sa normale et le plan projetant, par rapport aux données ;

2° Que les composants coordonnés de $a.dt$ sont mobiles avec le plan azimutal ; et que, quand même le couple a resterait constant et conserverait une position fixe dans l'espace, les coordonnées a', a'', a''' n'en varieraient pas moins à chaque instant.

15... Comme, en définitive, la surface conique, engendrée par l'axe de rotation, est *une* dans l'espace, on comprend que sa génération par la rotation du plan azimutal et les variations de l'angle au sommet θ peut, dans certains cas particuliers, présenter des simplifications importantes par un bon choix du plan PQ., et faciliter ainsi l'étude du mouvement. On ne tardera pas à en trouver l'exemple.

CHAPITRE III.

Détermination du mouvement dans l'espace d'un projectile d'arme rayée.

§ I. — MOUVEMENT RELATIF D'UN PROJECTILE D'ARME RAYÉE AUTOUR DE SON CENTRE DE GRAVITÉ.

16... Si j'ai su rappeler clairement les généralités qui précèdent, il sera facile, par des considérations simples, d'en tirer la loi du mouvement relatif qui se produit autour du centre de gravité d'un projectile qui parcourt sa trajectoire au sortir d'une arme rayée.

Reprenons la figure 1, à nouveau, comme si nous ne nous en étions pas encore occupés; et soit KLMN un projectile considéré à un moment quelconque de son trajet. Un mouvement rotatoire l'anime sur son axe de figure GA, qui est représenté dans l'espace, et fait actuellement, avec la tangente GT à la trajectoire, un certain angle θ.

Ne nous occupons pas, pour le moment, du mouvement de translation du centre de gravité; étudions seulement le mouvement relatif du solide autour de ce point considéré comme fixe.

Ce mouvement sera la combinaison de la rotation initiale et de l'action d'un certain couple résultant dont l'examen est à faire. Mais, dès à présent, on sait, d'après ce qui précède, et quel que soit le couple, que le mouvement relatif consistera en une rotation du projectile autour de l'axe de figure qui, lui-même, décrira une certaine surface conique sur G comme sommet.

On sait aussi (10) que ce mouvement conique de l'axe de figure se fait comme si un plan azimutal, contenant à la fois l'axe et une droite charnière concourant en G avec l'axe, tournait sur cette charnière en entraînant l'axe, pendant que ce dernier prendrait dans le plan azimutal un déplacement angulaire ou nutation autour de G; le plan azimutal et la charnière étant d'ailleurs arbitraires.

17... Choisissons comme charnière la droite GT, tangente actuelle à la trajectoire. Le plan azimutal est alors GTAI, et PQ, mené en G, normalement à GT, est le plan de projection.

18... Etudions maintenant le couple auquel est soumis le projectile, et sous l'influence duquel va se modifier le mouvement relatif autour du centre de gravité.

Chacune des forces extérieures, savoir : la pesanteur et la résistance

de l'air, transportée parallèlement à elle-même au centre de gravité, y donne lieu à une force de translation qui est sans action sur le mouvement relatif et à un couple.

Pour la pesanteur, le couple est nul; car la force elle-même est appliquée au centre de gravité dès le principe. Ainsi, en présence du mouvement initial de rotation, dont la quantité de mouvement n'est autre que la quantité C du chapitre précédent et de la figure 1, il ne reste que le couple dû à la résistance de l'air : ce sera notre couple a. Il va se présenter dans des conditions toutes spéciales.

19... Il faut observer d'abord que la *rencontre* de l'air avec le projectile se fait, en tous les points de contact, selon une direction parallèle à la tangente GT; et que, en général, dès que θ n'est pas nul, le mobile présente à cette rencontre une certaine portion de son flanc, limitée à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique fermée qu'engendrerait une droite se mouvant parallèlement à GT, et tangentiellement au projectile. Le cylindre en question sera donc constamment divisé en deux parties égales par le plan azimutal qui est *principal* au projectile; et la résistance de l'air sera répartie symétriquement à ce plan.

S'il n'y avait pas de frottements tangentiels, la résultante serait dans ce plan même; mais les divers frottements ont pour effet de l'incliner. Elle est de plus variable et mobile; car, à chaque variation de θ, le projectile se présente d'une manière différente à la rencontre de l'air. Cependant jamais, dans sa mobilité et ses variations, la résultante ne cesse d'être entraînée dans le mouvement du plan azimutal, avec lequel elle fait un angle qui ne varie pas selon les diverses positions de ce plan.

20... Il y a donc ici ce fait particulier que le couple a est mobile avec le plan azimutal; d'où il résulte que ses composants a', a'', a''', qui sont coordonnés précisément à un système de projections dont le plan azimutal forme la base, n'ont plus de variation due aux changements d'azimut (14), et ne varient plus qu'avec a lui-même.

21... Il en va résulter une simplification importante dans le mouvement relatif du projectile autour de son centre de gravité.

Supposons en premier lieu que la résistance de l'air soit sensiblement dans le plan azimutal, ce qui implique l'insignifiance relative des réactions tangentielles. L'axe GB du couple a (fig. 1) se confond alors avec la composante nodale GD, et il n'y a plus à tenir compte que de a''. L'axe du projectile décrira donc en un instant quelconque un élément de surface conique autour de la tangente, comme dans le cas général examiné précédemment (7). Mais, dans les instants suivants, il arrive ici que la composante a'' ne saurait prendre aucune valeur, puisque la direction de a a participé au déplacement azimutal, et que les composants

du couple ne changent pas avec les azimuts. Un second élément de surface conique succédera donc au premier, avec le même angle θ et le même rayon de courbure à la base, et ainsi de suite; de sorte que la surface conique sera en réalité *de révolution* autour de la tangente GI Et le pôle A tracera la circonférence A O R S[1].

La vitesse de ce mouvement conique de révolution est donnée par la formule déjà exprimée :

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{a''}{C \sin \theta}.$$

22... Le signe de la vitesse, c'est-à-dire le sens actuel du mouvement, dépend du signe de a''. Lorsque la résultante des résistances de l'air a son point d'application en avant du centre de gravité, sa tendance *directe*[2] est d'éloigner de la tangente la pointe du projectile; son couple agit donc dans le sens de la flèche $a''dt$ dans la figure, c'est le sens positif. L'axe GD est saillant du plan de la figure en avant de G; de même le point A' par rapport à A.

23... Je dirai que, dans ce cas, le sens du mouvement conique est *vers la droite* du plan azimutal, c'est-à-dire que la pointe du projectile se dirigerait sans cesse vers la droite d'un observateur qui, couché sur la tranche de ce plan, les pieds vers le canon et la tête vers le but, regarderait la trajectoire tout en participant au mouvement azimutal.

Si la résistance de l'air avait son point d'application en arrière du centre de gravité, sa tendance directe serait de rapprocher la pointe du projectile de la trajectoire; son couple agirait alors en sens inverse de la flèche de $a''dt$ sur la figure, c'est-à-dire négativement, et l'axe GD devrait être plongeant derrière le tableau, ainsi que le point A'. Le sens du mouvement conique est alors *vers la gauche* du plan azimutal.

24... Maintenant, l'hypothèse consistant à placer la résistance de l'air exactement dans le plan azimutal n'est pas conforme à la réalité; les résistances tangentielles n'ont pas cette insignifiance; et, en fait, le plan du couple a diffère sensiblement du plan azimutal, tout en suivant son mouvement. Il y a donc à la fois, à chaque instant, un couple composant de nutation a'', peu développé ordinairement, par rapport à a; et un autre a', dont l'axe se confond avec l'axe de rotation.

En vertu des impulsions successives $a''dt$ du couple de nutation, l'axe

1. Il est clair que si la propriété du mouvement conique de révolution autour de la tangente se révèle ainsi d'elle-même, c'est par suite du choix de la tangente comme charnière du plan azimutal.

2. Il doit être entendu ici que les mots tendance *directe* signifient ce qui se passerait si le projectile ne tournait pas sur lui-même autour de l'axe de figure.

de rotation décrit donc, autour de la tangente G T, non plus une surface conique exactement de révolution, mais une surface conique dont l'angle au sommet éprouve une légère nutation.

La nutation a pour vitesse :

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{a'''}{C}, \qquad (2)$$

dont le signe, qui détermine le sens de la nutation, dépend de celui de a''', c'est-à-dire de la direction des résistances de l'air.

25... Si ces résistances tendent dans leur ensemble à faire tourner le solide autour de GE_2 dans le sens de la petite flèche de $a'''dt$ (fig. 1), autrement dit, si elles tendent à faire tourner la pointe du projectile vers la gauche (23) du plan azimutal, le couple de nutation est positif; G E est placé du même côté de la tangente G T que l'angle θ; le point A″ est plus éloigné de T que le point A, et θ va croissant comme l'indique immédiatement la formule 2.

Si les résistances tangentielles se présentent dans l'autre sens, et, agissant contrairement à la petite flèche de $a'''dt$, tendent à porter directement la pointe du projectile vers la droite (23) du plan azimutal, le couple de nutation devient négatif; G E passe du côté de la tangente, opposé à θ, et cet angle va en diminuant.

Quant au couple composant $a'dt$, son rôle se borne à altérer à chaque instant selon la formule :

$$\frac{dC}{dt} = a', \qquad (3)$$

la quantité de mouvement de la rotation autour de l'axe de figure qui n'est pas affectée par les deux autres composants; mais il n'influe en rien sur la position de l'axe de rotation.

26... Dans les limites de temps, où la grandeur de a varie peu, a', a'', a''' ne variant que dans la même proportion, puisque a suit le mouvement azimutal de ses coordonnées (20), les vitesses d'accroissement de γ, θ et C sont constantes, comme le montrent les expressions (1) (2) et (3). Et le pôle A trace dans l'espace (le point G étant supposé fixe), une spirale telle que JAA_1.

27... Que A soit le pôle de la terre, P Q le plan de l'écliptique; G D, qui est à la fois dans ce plan et dans celui du couple a, sera la ligne des nœuds, l'accroissement de l'angle γ, accroissement dû au couple a'', représente alors le *mouvement de précession des équinoxes,* et les petites variations de θ, dues au couple a''', sont la *nutation* de l'axe terrestre.

C'est par suite de ces analogies que a'' peut être appelé *le couple nodal* et a''' *le couple de nutation.*

28... Je résume ce paragraphe :

Le mouvement relatif d'un projectile d'arme rayée autour de son centre de gravité, pendant le trajet dans l'espace, doit être défini ainsi :

L'axe de figure, qui est en même temps l'axe de rotation[1], prend un mouvement conique, ayant constamment la tangente à la trajectoire pour axe, et le centre de gravité pour sommet.

Ce mouvement est déterminé comme sens et vitesse par la formule (1), qui donne la vitesse d'accroissement de l'angle azimutal γ. Il serait de révolution sans une certaine nutation de l'axe, déterminée comme sens et vitesse, par la formule (2), qui donne la vitesse d'accroissement de l'angle ϵ du cône.

Enfin la vitesse de rotation du projectile sur lui-même est soumise aux variations résultant de la formule (3), qui donne l'accroissement de la quantité de mouvement autour de l'axe de rotation.

§ 2. — MOUVEMENT DANS L'ESPACE DES PROJECTILES D'ARMES RAYÉES.

29... Il est facile maintenant de poser les conditions d'*ensemble* du mouvement dans l'espace d'un projectile tournant sur son axe de figure.

Quand il commence sa trajectoire, son axe de figure et de rotation est selon le premier élément de cette courbe. C'est alors la pointe qui se présente franchement à la résistance de l'air, dont la résultante se trouve par suite dans l'axe de figure, et passe par le centre de gravité, d'où un couple a nul. La résistance de l'air se manifeste simplement par une force de translation négative qui tend à ralentir le mouvement du centre de gravité.

Mais bientôt, un certain angle se produit entre la tangente à la courbe

1. A rigoureusement parler, l'axe de figure ne serait réellement l'axe de rotation que si ce dernier restait toujours parallèle à lui-même ; mais comme il tourne selon une surface conique autour du centre de gravité, l'axe de figure n'est que l'axe d'une rotation relative du projectile, tout comme la vitesse de rotation ω n'est que relative. La rotation absolue se fait autour d'une série d'axes *instantanés*, variables dans le projectile, et dont les positions successives absolues dans l'espace constituent la surface conique en question. Chacun de ces axes instantanés réels fait, avec l'axe de figure ou de rotation relative, un petit angle qu'on déterminerait, en composant entre elles la vitesse angulaire ω et la vitesse angulaire $\frac{d\gamma}{dt}$, selon laquelle se décrit la surface conique. Mais comme ω est ordinairement très-grand par rapport à $\frac{d\gamma}{dt}$, il en résulte que l'angle des deux axes est extrêmement petit, et qu'on peut considérer l'axe de figure comme se confondant avec l'axe de rotation.

qui s'abaisse vers le sol, et l'axe de figure qui, comme axe permanent de rotation, tend à rester parallèle à sa direction première. Le projectile commence à offrir son flanc à la résistance de l'air, dont la résultante, abandonnant l'axe de figure et le centre de gravité, donne naissance à une certaine force qui, transportée en ce point, produit à la fois une force de translation modifiant le mouvement sur la trajectoire (perte de vitesse, dérivation), et à un couple a. Sous l'influence de ce couple et par le fait de son composant podal a'', l'axe de rotation prend autour du centre de gravité un mouvement conique qui, à chaque point du trajet, serait de révolution avec la tangente à la trajectoire pour axe, sans l'intervention du composant de nutation a''', qui fait varier légèrement l'angle du cône ; de sorte que la pointe du projectile trace une courbe telle que sa projection, sur un plan maintenu normal à la trajectoire, donnerait non une circonférence, mais une sorte de spirale. Quant au troisième composant de a, il ralentit simplement le mouvement de rotation initial.

30... Une fois que le mouvement conique de l'axe de figure autour de la tangente est commencé, l'abaissement constant de la tangente, qui a produit originairement l'angle au sommet du cône décrit, tend sans cesse à augmenter l'ouverture de cet angle.

On peut se rendre compte approximativement du fait par un raisonnement fort simple.

Élaguons pour cela tout ce qui, en dehors de l'abaissement de la tangente, peut, durant le trajet, influer sur l'ouverture d'angle de cette droite avec l'axe de figure, c'est-à-dire supposons le couple a''' de nutation nul. Supposons en outre que le couple résultant a est constant, ce qui entraîne l'uniformité du mouvement conique.

Dans ces conditions, la projection de la pointe du projectile, sur un

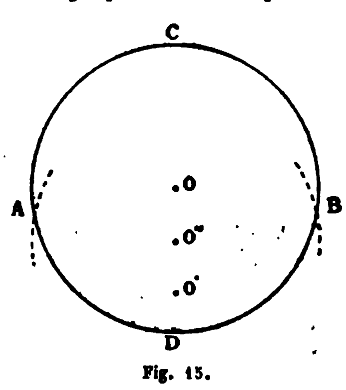


Fig. 15.

plan normal à la trajectoire, décrit, par le fait du mouvement conique, une circonférence CBDA (fig. 15). Si la tangente ne s'abaissait pas et

restait de direction constante, sa projection sur le même plan resterait au point o, centre de la circonférence ; mais, par suite de l'abaissement, cette projection se trouve en un certain point o' quand est accompli le parcours entier de la circonférence. Soit o'' sa position moyenne durant ce parcours. Décrivons de ce point comme centre et avec le même rayon que la circonférence première, deux petits arcs qui donnent sur celle-ci les intersections A et B. Deux grands arcs inégaux, ACB et ADB, sont ainsi déterminés. Or, il est clair que pendant le parcours du plus grand ACB, l'angle au sommet du cône décrit par l'axe de figure s'accroît, tandis qu'il diminue pendant le parcours de l'autre arc plus petit ADB. Comme le mouvement est uniforme, le résultat final est un accroissement de l'angle.

On voit donc que, plus le trajet se prolonge et plus tend à s'ouvrir, par le fait seul de l'abaissement de la tangente à la trajectoire, l'angle de cette ligne avec l'axe de figure du projectile.

L'observation confirme de tous points tous ces aperçus, soit qu'on suive de l'œil un projectile lancé à faible vitesse sous un grand angle, soit que, tirant à pleine charge, on fasse traverser au projectile une série de cibles minces, où il laisse la silhouette de sa figure transversale au moment du passage.

CHAPITRE IV.

Influence du couple de nutation au point de vue de la tension de la trajectoire.

§ 1. — RÔLE SPÉCIAL DU COUPLE DE NUTATION.

31... Le programme du n° 3 : « Maintenir l'axe de figure le plus près « possible de la tangente à la trajectoire, » devient maintenant abordable.

L'analyse précédente montre que l'angle θ, qu'il s'agit en somme de réduire autant que possible, n'est aucunement influencé par le couple nodal a'', qui n'a d'action que sur l'angle azimutal γ, et que θ dépend uniquement du couple de nutation a'''. Le problème de la tension des trajectoires revient donc, en ce qui concerne la résistance de l'air, à combiner dans le projectile tous les éléments dont on dispose, de manière à donner au couple de nutation le signe convenable, c'est-à-dire le signe négatif et l'énergie suffisante pour annuler θ.

32... Je vais, en conséquence, évaluer a'', qui se compose, comme on l'a vu plus haut, des moments réunis de toutes les forces ayant un moment autour de l'axe GE de la figure 1, partant du centre de gravité, et sans cesse perpendiculaire à l'axe de figure dans le plan azimutal.

Je laisse donc de côté le couple nodal a'', dont l'étude est intéressante au point de vue de la dérivation directement liée au mouvement conique ; mais ce serait en dehors du sujet spécial que je me propose.

§ 2. — ÉVALUATION DU COUPLE DE NUTATION.

33... J'appliquerai cette recherche au cas d'un projectile dont le corps cylindrique serait muni d'un certain nombre de lignes d'ailettes *continues*, en forme d'hélices, et présentant une saillie notable. On verra par la suite que c'est seulement dans ce cas que peut naître un couple négatif de nutation important.

34... Soit, figure 2, la coupe transversale d'un projectile de ce genre, vu par l'arrière. La flèche *a* indique le sens de la rotation autour de l'axe de figure. Je me propose d'étudier spécialement l'action de l'air contre les *flancs* d'ailettes, tels que *cd*, *ef*, et le moment de ces résistances par rapport à l'axe GM du couple de nutation.

On sait qu'il faut distinguer dans une ailette le flanc *de chargement*, celui qui frotte contre les rayures de l'âme pendant qu'on charge le projectile (chargement par la bouche), et le flanc *de tir*, celui qui frotte contre les rayures de l'âme pendant la décharge. D'après le sens de la rotation dans le présent exemple, les flancs tels que *cd* sont des flancs de tir, et les flancs tels que *ef* sont des flancs de chargement.

35... Les phénomènes sont complexes, et je n'ai nullement l'ambition d'une analyse rigoureuse. Je vais, pour plus de clarté, scinder l'examen et le porter d'abord sur les deux zones superficielles symétriques, comprises dans les angles dièdres P et P′, de côté et d'autre du plan azimutal dont la trace divise en deux la figure.

§ 3. — PREMIER APPOINT AU COUPLE NÉGATIF DE NUTATION FOURNI PAR LES ZÔNES SYMÉTRIQUES DE CÔTÉ ET D'AUTRE DU PLAN AZIMUTAL.

36... Soit, figure 3, la projection sur le plan azimutal d'un corps cylindrique d'obus, armé d'une saillie-ailette continue, projetée en ABBA. Admettons que les surfaces hélicoïdales, qui forment les flancs de tir et de chargement de cette ailette se projettent sur la figure, selon les droites BB, AA, faisant avec les génératrices l'angle d'hélice ε.

Dans la figure 3, qui représente la partie du corps d'obus située à droite de la figure 2, G est la projection du centre de gravité et GM représente l'axe du couple de nutation.

37... Le projectile étant animé de la vitesse de translation V, dirigée vers la droite de la figure et faisant l'angle θ avec l'axe du projectile; si du point O quelconque d'un des flancs on trace, vers la gauche, OF égal à V, et incliné de l'angle $-\theta$ sur la génératrice OC au point O, cette droite représentera en grandeur et en direction ce que serait la vitesse relative de l'air par rapport au point O, si le projectile ne tournait pas.

Prenons FI perpendiculaire à OC, et égal à la vitesse de rotation des ailettes, mais dirigée en sens contraire, c'est-à-dire en allant, à partir de F, à l'opposé des flèches *a*, qui donnent le sens de la rotation, et traçons OI, on aura :

$$OF = -V, \quad FI = -\omega r, \quad OI = V_r;$$

ω étant la vitesse angulaire de rotation; r le rayon, mesuré (fig. 2) au point moyen de la saillie des ailettes, V_r la vitesse relative de l'air par rapport au point O.

38... Ainsi le point O se meut en réalité, selon la direction IO, avec la vitesse V_r. Cette partie du flanc reçoit donc de l'air une réaction directement opposée, c'est-à-dire dirigée de O en I, et dont l'intensité est, par unité de surface, de la forme [1] :

$$A V^3.$$

39... Une construction identique donnerait les mêmes résultats pour tous les points du même flanc A A. La résistance totale de l'air pour tout le flanc est donc :

$$A V_r^3 \, l . S; \qquad (a)$$

en appelant l la longueur de l'ailette et S la saillie (fig. 2). Cette résistance totale a son point d'application en L, milieu de la longueur d'ailette (fig. 3).

40... Il est important de remarquer que, d'après le sens des flèches *a*, *a*, le flanc en question se trouve être un flanc de chargement et que, d'après la direction de V_r [2], le flanc de tir BB de la même ailette est *masqué* de la rencontre de l'air.

1. J'admets ici que la résistance de l'air est proportionnelle au cube de la vitesse de rencontre. Cela demanderait sans doute vérification. Mais on va voir qu'il ne s'agit dans tout ce qui suit que de mettre en lumière les façons d'être des réactions principales de l'air, et nullement de les évaluer avec détail et exactitude.

2. Pour vérifier que cette direction de V_r doit être, en tout cas, du côté de l'intérieur de l'ailette, comme le montre la figure 3, il suffit de répéter au point *o* la construction du

41... Maintenant, au lieu de considérer la seule ailette ABBA, étendons l'examen à toute la partie du projectile comprise de chaque côté de cette ailette, mais sans sortir du rectangle DDD'D'. Les deux génératrices DD, D'D', qui correspondent à peu près aux traces sur les corps d'obus des faces de l'angle dièdre P de la figure 2, sont assez peu éloignées l'une de l'autre pour que, dans leur intervalle, on puisse considérer toujours sans grande erreur les flancs hélicoïdaux comme se projetant selon les droites faisant l'angle ϵ avec les génératrices [1].

On trouvera dans cette région deux autres portions de flancs de chargement EH, E'H' appartenant à deux ailettes voisines.

Appliquant à ces deux portions les mêmes raisonnements que ci-dessus, on verra qu'elles sont le siége de deux résistances de l'air dirigées parallèlement à V_r, se sommant ainsi :

$$AV_r^2\,(EH + E'H').S; \qquad (b)$$

et ayant chacune leur point d'application aux milieux, L_1 et L_2, de chacune des longueurs EH et E'H'.

Or la somme $EH + E'H' = l'$ est constante, quelle que soit la position des ailettes qui passent dans la zone DDD'D' ; on a donc, en ajoutant (*a*) et (*b*) :

$$AV_r^2.S.(l + l').$$

42.... Il est est clair que $l + l'$, c'est-à-dire la longueur totale d'ailettes qui se trouve passer simultanément dans la zone DD D'D', est proportionnelle à la fois au nombre n des ailettes et à la longueur de l'une d'elles. On a donc en définitive, pour l'expression de la résistance totale de l'air, qui s'exerce dans la direction V_r contre les flancs de chargement d'ailettes dans la zone DD D'D' :

$$A_1 V_r^2.l.S.\,n.$$

43... Pour évaluer le moment de cette force par rapport à l'axe GM du couple de nutation, il faut la projeter sur le plan normal à cet axe, ce qui donne (fig. 3) :

$$A_1 V_r^2.l.S.n.\cos e;$$

et multiplier cette projection par un certain bras de levier GK (fig. 2) qui résulte de la position respective des trois points d'application L, L_1, L_2.

flanc AA, au moyen de — V_0 et de — ω_r; ce qui donne OP sur le prolongement de AA. On voit de suite que, pour peu qu'il y ait un angle β, le point I doit tomber au-dessus de la droite PAA.

1. Je suppose également que dans toute cette région les quantités V, V_r et ω_r ne diffèrent pas beaucoup de leurs projections sur le plan azimutal qui est celui de la figure 3.

Il vient donc, en remarquant que GK est une certaine fraction du rayon r :

$$-A_2 V_r^3 . l . S . n . r . \cos e . \qquad (c)$$

Telle est l'expression du moment, par rapport à l'axe du couple de nutation, de toute la résistance de l'air contre les flancs d'ailettes dans la zone DD D'D''.

44... Ce moment est négatif; car sous son influence, le projectile tendrait directement à tourner autour de GM, dans le sens de la flèche b (fig. 2 et 3), portant sa pointe *vers la droite* du plan azimutal (23), ce qui est l'inverse de la direction de la flèche de $a''dt$ (fig. 1), qui fixe le sens positif (13).

45... Si on applique une recherche du même genre à la zone symétrique du projectile placée de l'autre côté du plan azimutal, c'est-à-dire à sa gauche, zone qui se projette également sur la gauche de la figure 2, dans l'angle dièdre P' ; on arrivera, comme il est facile de le prévoir, et comme le vérifie la figure 4[1], à un autre moment de même forme :

$$A_2 V_r'^3 . l . S . n . r \cos e' . \qquad (d)$$

C'est le moment, par rapport à l'axe GM du couple de nutation, fourni par toutes les résistances de l'air contre les flancs d'ailettes dans la zone P', à gauche du plan azimutal.

46... Il faut bien remarquer que, de ce côté du plan azimutal, ce n'est plus le flanc de chargement des ailettes, mais bien leur flanc de tir qui éprouve la résistance de l'air. C'est au tour du flanc de chargement à être masqué.

47... Le moment (d) tend à imprimer un mouvement dans le sens des flèches b' (fig. 2 et 4) ; il est donc positif (13).

Son bras de levier est GK', égal et opposé à GK.

48... La somme algébrique des moments (c) et (d) donnera l'appoint total effectif fourni au couple de nutation par les résistances contre les flancs d'ailettes dans les deux zones considérées :

$$A_2 . l . S . n . r (V_r'^3 \cos e' - V_r^3 \cos e) . \qquad (e)$$

Cette expression est négative, parce que :

$$V_r'^3 \cos e' < V_r^3 \cos e . \qquad (f)$$

1. Dans la figure 4, les flancs d'ailettes sont représentés en pointillés, parce que la position de ces parties derrière le corps d'obus les rend invisibles.

En effet, les angles e et e' varient avec β; mais on a constamment :

$$V'_r \cos e' = V_r \cos e, \qquad (g)$$

attendu que ces deux valeurs ne sont autre chose que la projection de la vitesse V sur la génératrice.

Mais en même temps : $V' < V$, parce que les valeurs respectives de ces deux vitesses relatives sont par construction (fig. 3 et 4) :

$$\left.\begin{array}{l} V_r^2 = V^2 + \omega^2 r^2 + 2\, V\omega r \sin.\beta, \\ V'^2_r = V^2 + \omega^2 r^2 - 2\, V\omega r \sin.\beta, \\ \text{d'où :} \quad V_r^2 - V'^2_r = 4\, V\omega r \sin.\beta; \end{array}\right\} \quad (h)$$

ce qui, rapproché de (g), vérifie l'inégalité (f).

Et l'expression (e) doit s'écrire ainsi :

$$-A_2.l.S.n.r\,(V_r^2 \cos e - V'^2_r \cos e'). \qquad (i)$$

49... On aura sans doute déjà remarqué qu'il n'est pas tenu compte ici d'un élément important, qui est le degré d'incidence des forces AV_r^2 et AV'^2_r, avec les flancs d'ailettes contre lesquels ces résistances s'exercent.

Cet élément est d'autant plus intéressant cependant que l'incidence n'est pas la même pour les deux forces qui interviennent; car V'_r fait généralement avec son flanc un angle plus aigu que V_r avec le sien. Il est facile de voir qu'il n'en résulte, pour la différence des moments, qu'un *supplément* de valeur dont l'expression (i) ne rend pas compte.

On verra plus loin que, si je n'ai pas abordé ces questions d'incidence dans mon analyse très-élémentaire, j'en ai fait grand cas dans l'application pratique qui est mon but, et qu'une large part y est réservée à la réglementation du mode d'attaque de l'air contre les flancs d'ailettes.

50... Revenons à l'expression (i).

Ce moment peut, en substituant aux vitesses relatives leurs valeurs tirées des équations (h), s'exprimer en fonction des vitesses de translation et de rotation.

Mais ces calculs ne sont pas nécessaires pour tirer de l'expression (i) les conclusions suivantes, qui suffisent à mon objet et que n'infirment en rien les réserves du n° 49 :

51... *Sur les deux zones superficielles symétriquement placées dans les angles dièdres P et P', de chaque côté du plan azimutal, les résistances de l'air contre les flancs d'ailettes fournissent un appoint au couple négatif de nutation. Cet appoint est directement proportionnel à la longueur, au nombre et à la saillie des ailettes; il augmente avec l'angle β, et croît selon une fonction du troisième degré des vitesses de translation et de rotation, fonction croissante avec les deux variables.*

§ 4. — Second appoint au couple négatif de nutation dans les zones superficielles antérieures et postérieures du projectile.

52... Il faut maintenant étendre notre examen aux deux autres zones complétant la surface cylindrique du projectile, et qui se trouvent dans les deux angles dièdres Q et Q′ de la figure 2, aux approches des deux traces du plan azimutal sur le corps d'obus.

53... Pour ce qui est de la zone supérieure, celle de l'angle dièdre Q, il est à remarquer que toute cette partie du corps cylindrique se trouve masquée de l'action de l'air aussitôt que l'angle β prend une certaine valeur. Effectivement, dès que le projectile incline notablement son axe de figure sur l'élément actuel de la trajectoire, la partie postérieure de sa surface ne rencontre plus directement l'air, et elle se meut dans une région de remous dont les phénomènes sont trop obscurs pour être analysés même grossièrement. On peut toutefois observer que, dans cette région, vu la moindre densité du milieu, les résistances du genre de celles qu'il s'agit d'évaluer ne peuvent qu'être de moins en moins significatives, à mesure qu'on s'approche de la génératrice qui forme la trace du plan azimutal.

Je négligerai donc, faute de moyens d'évaluation, l'appoint au couple de nutation, qui peut se produire dans la zone qui forme constamment la partie postérieure du projectile dans sa course sur la trajectoire.

54... Mais il ne saurait en être de même de la zone opposée, comprise dans l'angle dièdre Q′ (fig. 2). Elle forme, au contraire, la partie antérieure du projectile, aussitôt que l'angle β prend quelque valeur et se présente plus franchement que tout le reste du corps cylindrique à la rencontre de l'air.

55... En se reportant à la construction des vitesses V_r et V'_r (fig. 3 et 4), on remarquera que l'excédant $V_r - V'_r$, pour deux points symétriques par rapport à la trace NR du plan azimutal sur le projectile, irait sans cesse en diminuant à mesure que les deux points se rapprocheraient de cette trace. L'excédant devient nul sur la trace même où les deux points ne sauraient présenter que la même vitesse relative.

Or, en même temps que l'excédant $V_r - V'_r$ diminue, le bras de levier qui intervient dans le moment afférent aux mêmes points tend aussi vers o. On voit donc que l'appoint, fourni de ce fait au couple de nutation dans la région Q′, est de moins en moins important. Je le néglige, me contentant de noter que la formule (i), limitée aux zones P et P′, pèche par défaut et ne donne pas tout le moment négatif dû aux différen-

dans les résistances de l'air, contre les flancs d'ailettes, à droite et à gauche du plan azimutal.

56... Mais en dehors de l'action de l'air, *par différence* contre les flancs d'ailettes, il en est une autre dans la région Q' (fig. 2) qui produit un moment négatif important : c'est l'action directe de l'air contre toutes les ailettes qui traversent cette région.

Pour l'évaluer, soit, figure 5, la projection d'un obus sur un plan normal au plan azimutal, de telle sorte que la figure montre la partie du corps cylindrique projetée selon la moitié inférieure de la figure 2.

CC est la trace du plan azimutal. Cette droite contient le point G où se projettent à la fois le centre de gravité et l'axe du couple de nutation.

Soit le flanc de chargement AA d'une des ailettes considérée à l'instant où le milieu N de la longueur l du flanc franchit le plan azimutal, par suite du mouvement de rotation dont les flèches *aa* indiquent le sens.

Construisons au point O quelconque du flanc la vitesse relative V_r, au moyen de $-\omega r$ et de $-V\cos\beta$, cette dernière quantité, représentant la vitesse relative de l'air, abstraction faite du mouvement de rotation. Cette vitesse, étant toujours parallèle au plan azimutal, est, cette fois, placée sur une génératrice parallèle à la trace CC.

On voit, par les résultats de la construction et la direction qu'elle donne pour la vitesse relative V_r, que le flanc de tir BB est masqué de la rencontre de l'air, et que le flanc de chargement AA éprouve de la part de celui-ci, en chacun de ses points, une résistance qui, par unité de surface, est de la forme :

$$AV_r^2\,;$$

et qui, pour la totalité du flanc de longeur l et de saillie S, a pour expression :

$$AV_r^2\,l.S.$$

Cette force appliquée en N, milieu de la longueur du flanc, et dirigée selon une parallèle à V_r, a pour moment, relativement à l'axe du couple de nutation projeté en G :

$$-AV_r^2\,l.S.GP\,;$$

ou à cause des triangles rectangles semblables :

$$-AV_r^2\,l.S.\frac{\omega r}{V^r}.\delta = -AV_r^2\,l.S.\omega r.\delta\,; \qquad (j)$$

en appelant δ la distance qui sépare le centre de gravité de la section équatoriale, placée au milieu de la longueur du corps, garnie d'ailettes.

Ce moment est un appoint au couple *négatif* de nutation, car son sens, donné par les flèches b (fig. 5), est inverse de celui de $a''dt$ (fig. 4).

57... Au lieu de considérer le seul flanc AA, considérons à la fois tous les flancs qui, au même instant, occupent la région limitée par les deux génératrices DD D′D′, entre lesquelles les hélices des flancs se projettent sensiblement, selon les droites parallèles à AA. La région, ainsi définie, correspond à l'ouverture de l'angle dièdre Q′ de la figure 2.

Soient, dans cette région, les portions de flancs de chargement A′A′ et A″A″, égales de longueur, et appartenant à deux ailettes voisines de la première:

Il est clair, d'après la figure, que ces deux portions fourniront chacune un moment de nutation, l'un négatif, l'autre positif, ayant respectivement pour valeur :

$$- A' V_r^2 l'S (a + GP) \ldots\ldots \text{ et } + A V_r^2 l'S (a - GP).$$

La différence, ou l'excédant du moment négatif, est donc :

$$- 2 A V_r^3 l'S \frac{\omega r \delta}{V_r} = - A V_r^2 l'S \, \omega \, r \, \delta,$$

qui, ajouté à l'expression (j), donne :

$$- A V_r^2 S . \omega r \delta (l + 2 l'),$$

ou, en raisonnant comme au numéro 42 :

$$- A_1 V_r^2 S . \omega r . \delta n . l_r. \qquad (k)$$

valeur qui s'exprimerait facilement en fonction des vitesses de rotation et de translation, en substituant à V_r^2 sa valeur (fig. 5) :

$$V^2 \cos^2\beta + \omega^2 r^2.$$

58... Il se présente ici une observation analogue à celle du n° 55. Je m'en suis tenu, pour simplifier, à la zone comprise entre les génératrices DD D′D′, autrement dit dans l'angle dièdre Q′ de la figure 2. Il faudrait en réalité, considérer au même point de vue toutes les parties de la surface qui, même en dehors de ces génératrices, se trouvent rencontrer l'air.

Mais les évaluations se compliquent alors de l'incidence très-variable de l'air contre les flancs d'ailettes, et ne recherchant pas une analyse complète, je me contente de noter ici encore que la formule (k) rend compte de la plus importante partie du nouvel appoint au couple de nutation, et pèche simplement par défaut.

59... Il est indispensable d'observer cependant que les abords de l'autre trace du plan azimutal sur le projectile, c'est-à-dire la zone superficielle comprise dans l'angle dièdre Q de la figure 2, donneraient sans doute aussi un moment, en leur appliquant les mêmes considé-

rations, et que ce moment serait positif. Toutefois, comme je l'ai fait remarquer déjà, la zone en question se trouve masquée de l'action de l'air, et baigne dans des remous où les phénomènes de densité sont trop peu définis pour être abordés par l'investigation.

Mais il est bien certain que, quelles que soient ces réactions et le moment positif qui en résulte, elles ne sauraient empêcher, vu la moindre densité de leur milieu, la prédominance dans le sens négatif du moment (*k*).

60… Si l'angle β devenait nul, les choses changeraient naturellement. La vitesse de translation devenant parallèle à l'axe de figure, tout se passerait alors dans la zone Q, absolument comme dans la zone Q'. Ces deux parties du corps cylindrique seraient attaquées ou plutôt léchées par l'air de la même façon. Il n'y aurait de différence que dans les signes des moments qui seraient contraires de part et d'autre; de sorte que, dans ce cas, le moment total serait nul. Il est important de noter cette remarque, qu'on ne saurait naturellement dégager de la formule incomplète (*k*).

§ 5. — VALEUR TOTALE DU COUPLE NÉGATIF DE NUTATION. — SON INTERPRÉTATION.

61… En réunissant les deux valeurs (*i*) (page 543) et (*k*) (page 546), on aurait, avec l'approximation que comportent ces expressions, le moment total du couple de nutation fourni par la résistance de l'air sur toute l'étendue du projectile.

Il est inutile, à mon objet, de transcrire la formule d'ensemble. Je ferai seulement remarquer que l'expression (*k*), relative aux zones Q et Q' de la figure 2, se traduit en langage ordinaire par un énoncé identique de tous points à celui du nº 54, relatif aux zones P et P'[1]. Cet énoncé est donc applicable à toute la surface, et on aboutit en fin de compte à ceci :

62… *Sur toute la surface du projectile, les résistances de l'air contre les flancs d'ailettes fournissent un couple négatif de nutation, et le moment de ce couple est directement proportionnel à la longueur, à la saillie et au nombre des ailettes. Il augmente avec l'angle β, et croît selon une fonction du troisième degré des vitesses de rotation et de translation, fonction croissante avec les deux variables.*

1. L'identité d'énoncé ne serait pas vraie en ce qui concerne l'influence de l'angle β ; mais la formule K est inexacte pour ce qui est de cet angle, et les observations rectificatives des numéros 60 et 64 rétablissent l'identité.

De là résultent les indications les plus nettes au point de vue du tracé des projectiles et des diverses conditions du tir.

63... Pour que le moment négatif de nutation soit le plus grand possible, c'est-à-dire, en définitive, pour que l'angle de l'axe de figure avec la tangente à la trajectoire, soit, le plus vite possible, ramené à 0 quand il se produit, il faut :

1° Une grande longueur de projectile;

2° Des ailettes *continues*, en grand nombre, ayant une forte saillie;

3° Une grande vitesse de rotation;

4° Une grande vitesse initiale de translation.

64... Quant à l'influence de l'angle β, elle ne ressort ni explicitement ni exactement des formules posées plus haut, du moins de la formule (*k*). j'en ai dit les raisons (60). Mais en se reportant à cette explication, on reconnaîtra que, pour $\beta = o$, la valeur du moment devient nulle, aussi bien pour la formule (*k*) que pour la formule (*i*), et qu'elle croît réellement sans cesse avec cet angle.

Ainsi, à mesure que l'axe de figure s'écarte de la tangente, l'énergie du couple, qui tend à l'y ramener, va croissant, et il n'y a pas à craindre d'en venir à développer jusqu'à un excès nuisible, c'est-à-dire jusqu'à provoquer la naissance d'un angle β négatif, les différents facteurs constituant la valeur du couple, puisque cette valeur redevient nulle de toute façon, lorsque β est réduit à rien, autrement dit lorsque le but est rempli[1].

Il ne faudrait pas, d'ailleurs, redouter comme un inconvénient la persistance, même pour $\beta = o$, d'un certain moment négatif de nutation propre à corriger les tendances d'accroissemeut de cet angle dans le sens positif, car ces tendances persistent de leur côté constamment, que l'angle soit nul ou non, puisqu'elles sont le fait de l'abaissement incessant de la trajectoire (30).

1. Voir à ce sujet les réserves du numéro 86, page 556.

CHAPITRE V.

Rapprochement entre les déductions précédentes et les errements actuels de l'artillerie.

§ 1. — DÉSACCORD ENTRE LES TENDANCES DE L'ARTILLERIE RAYÉE ET LE PROGRAMME DÉDUIT DE LA CONSIDÉRATION DU COUPLE DE NUTATION.

65... Jusqu'à quel point les indications auxquelles nous sommes parvenus sont-elles en harmonie avec ce que pratique généralement l'artillerie perfectionnée du jour?

Je limiterai la comparaison à l'artillerie de campagne qui, en raison du poids plus faible de ses projectiles, présente à l'air des surfaces plus grandes, relativement aux masses en mouvement, et donne par suite plus d'importance aux résistances de l'air, dont il s'agit, en somme, de réglementer et de réduire les effets.

66... Dans les pièces de 4, 8 et 12 françaises, se chargeant par la bouche, le projectile est très-court; les saillies sont limitées, comme à dessein, à de simples tétons localisés, et dont le point moyen se trouve plutôt en arrière qu'en avant du centre de gravité, de sorte que δ de la formule (*k*) serait plutôt négatif, si cette quantité pouvait avoir quelque signification dans des conditions pareilles; enfin le pas d'hélice est long et la vitesse initiale faible. C'est de tous points l'inverse du programme.

67... Dans les pièces étrangères, se chargeant par la culasse et à projectiles forcés, ceux-ci sont généralement plus longs, mais atteignent à peine deux calibres et demi. Les ailettes sont nombreuses[1], mais de saillie très-faible, limitée qu'elle est à ce que peut remplir le plomb par forcement. Le pas est très-long et la vitesse initiale plus grande que dans les pièces françaises, mais restreinte encore. C'est donc aussi à peu près une contre-partie des indications du n° 63.

68... Le nouveau projectile de 7 français n'atteint lui-même en longueur que 2 calibres 5/6, et sa vitesse de rotation n'est que peu supérieure à celle des obus étrangers. Quant au relief des saillies, il est toujours li-

1. Elles le sont même trop au point de vue qui nous occupe, car elles doivent arriver à se masquer mutuellement pour ce qui est de l'action de l'air.

mité à ce que comporte le forcement d'une enveloppe de plomb. C'est seulement par la vitesse initiale plus grande que cet exemple se rapproche de notre programme.

Il semble donc que, de toutes parts, on a constamment négligé ce qui pourrait contribuer à maintenir l'axe de figure sur la trajectoire par le moyen du couple de nutation.

69... Ce serait à douter de l'efficacité d'un moyen théorique qui aurait échappé de la sorte aux tâtonnements expérimentaux sans nombre de toutes les artilleries d'Europe, s'il ne se trouvait un exemple très-connu qui est comme fait, par ses particularités même, pour justifier de tous points l'importance capitale de la nutation. Je veux parler du canon Whitworth, dont il faut faire ici un examen spécial.

§ 2. — LE WHITWORTH RENTRE COMPLÉTEMENT DANS LE PROGRAMME DÉDUIT DE LA CONSIDÉRATION DU COUPLE DE NUTATION.

70... Le projectile Whitworth est le seul, je crois, des projectiles pratiques qui, jusqu'à présent, ait atteint de magnifiques portées, avec la plus grande précision, malgré des *calibres extrêmement réduits*. On ne peut lui refuser cette originalité frappante, qui s'accentue encore par une dérivation très-faible.

Or, si on cherche dans le projectile Whitworth les caractères tranchés qui peuvent être liés à ces remarquables résultats, on trouve :

71... Un pas d'hélice extrêmement court, c'est-à-dire un mouvement giratoire particulièrement violent ;

Des lignes d'ailettes *continues* assez saillantes pour constituer une section de projectile polygonale ;

Une vitesse initiale considérable ;

Une longueur de projectile franchement supérieure à celle de tous les autres systèmes d'artillerie.

Il serait difficile de trouver une traduction plus littérale de nos conclusions ci-dessus et un parti pris plus accusé, bien qu'innocent peut-être, d'accentuer le couple négatif de nutation.

72... Si donc on était tenté de soupçonner aux coefficients non déterminés des formules (*i*) et (*k*) une valeur trop faible pour laisser une signification pratique à l'ensemble des expressions, l'exemple du projectile Whitworth enlèverait sa raison d'être à cette supposition.

73... En fin de compte, et en raison de la sanction de cet exemple ne faut-il pas en venir à reconnaître que les projectiles de l'artillerie d

campagne non-seulement ne sont pas en général assez longs, et n'ont pas assez de vitesse initiale, mais encore et surtout qu'ils ne tournent pas assez rapidement sur eux-mêmes et sont trop unis de surface? N'est-il pas naturel d'appeler l'attention sur la convenance qu'auraient peut-être des essais nouveaux, rompant franchement avec ces allures, et poursuivant l'ordre d'idées tout autre dont le Whitworth se trouve être une première révélation expérimentale parfaitement d'accord, on vient de le voir, avec les indications théoriques découlant de l'étude du couple de nutation?

Ces essais devraient faire intervenir à la fois un tir à grande charge, une rotation très-rapide et des saillies ailettes continues de haut relief. Il faut, en outre, chercher à disposer celles-ci pour exalter, autant que possible, bien plus que dans le Whitworth, les divers facteurs des formules (*i*) et (*k*) sur lesquels on peut avoir quelque action par le tracé du projectile.

On va voir, dans le chapitre suivant, que cette action ne laisse pas que d'être importante et semble promettre de sérieux perfectionnements du Whitworth.

CHAPITRE VI.

Programme d'une artillerie divisionnaire déduit des considérations précédentes.

§ 1. — TRACÉ DES AILETTES.

74... J'ai voulu surtout, par l'exemple du Whitworth, invoquer une sanction précieuse de la direction de mes recherches, fondées sur l'étude de la rencontre de l'air avec la surface du projectile. Je vais maintenant poursuivre la même voie et essayer de lui demander le programme détaillé d'un projectile ne participant pas seulement aux avantages du Whitworth, mais les développant jusqu'à la limite de ce qu'admettent les exigences matérielles de la question avec lesquelles il y a toujours tant à compter en artillerie.

Reprenons pour cela notre étude des paragraphes 3 et 4 du chapitre précédent, concernant le mode d'attaque de l'air contre les flancs d'ailettes.

75... On a vu (fig. 3 et 4), en comparant ce qui se passe sur les zones

du corps cylindrique, placées symétriquement à droite et à gauche du plan azimutal, dans les angles dièdres P et P' de la figure 2, que, d'après la direction de la vitesse relative V_r, c'était le flanc *de chargement* qui se trouvait attaqué dans la zone de droite P, tandis que le flanc de tir était masqué; et que, au contraire, dans la zone P', à la gauche du plan azimutal, c'était le flanc *de tir* qui rencontrait l'air, tandis que le flanc de chargement en était masqué à son tour.

Lorsque les deux flancs de tir et de chargement sont également inclinés sur le corps d'obus, et qu'ils se présentent de la même manière comme état poli des surfaces, le moment de nutation ne résulte, pour les deux zones considérées, que de l'excès de la vitesse de droite V_r sur la vitesse de gauche V'_r, et aussi de l'incidence moins aiguë de la première contre son flanc (49).

C'est ainsi que les choses se passent dans le projectile Whitworth, où les deux flancs de tir et de chargement ne sont autre chose, en section, que les deux côtés adjacents d'un polygone régulier.

76... Mais si on dispose le flanc de chargement de manière à développer, autant que possible, la résistance de l'air contre ce flanc, sans rien faire de semblable au flanc de tir, on voit de suite le résultat.

Qu'on donne, par exemple, au flanc de chargement le tracé en crémaillère, représenté dans la figure 6, et l'attaque de l'air qui se fait, selon une parallèle à V'_r, au lieu de rencontrer une surface contre laquelle son incidence, toujours assez aiguë, lui donne peu de prise, éprouve relativement un véritable obstacle. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'énergie particulière que va prendre de ce fait le premier appoint au couple de nutation étudié dans le paragraphe 3 du chapitre IV, et résumé dans la formule (i) et l'énoncé du n° 51.

77... On l'assurera mieux encore en donnant d'une part au flanc de tir une certaine inclinaison sur la normale au corps d'obus[1], ce qui le dérobera davantage au choc de l'air, et, d'autre part, au flanc de chargement une direction normale au corps d'obus. La figure 6, avec la coupe qui l'accompagne, rend bien compte de cette disposition.

78... Allons plus loin et recherchons les résultats que donne la construction de la vitesse relative (fig. 3 et 4), lorsqu'on la répète à des époques différentes du parcours de la trajectoire.

D'abord, au départ, V n'est autre que la vitesse initiale V_o, et se trouve dirigée, selon la génératrice, au point O. ωr est également la vitesse ini-

1. Cette inclinaison a de grandes convenances au point de vue du tir. On sait qu'elle est indispensable au centrage des projectiles non forcés.

tiale de rotation des ailettes, de sorte qu'en construisant le triangle OFI, on ne fait en définitive que répéter l'épure qui donnerait le tracé du flanc hélicoïdal d'ailette au point O. V_r et V'_r coïncideront donc en direction avec les flancs de chargement et de tir.

Ainsi, au commencement du trajet, l'action de l'air contre les flancs, soit de tir, soit de chargement, est nulle. C'était visible *à priori*, et on peut remarquer que cela explique comment la vitesse de rotation, quoique bien moindre, tend à se conserver bien mieux que la vitesse de translation qui, dès la sortie de l'âme, se trouve altérée de front par la résistance de l'air.

79... Au bout d'un certain parcours, un certain angle β a pris naissance, et la vitesse V devient inférieure à la vitesse initiale.

Répétons (fig. 7) la construction des figures 3 et 4, en l'appliquant à un point O qui soit à la fois la projection d'un point de flanc de chargement, à droite du plan azimutal et d'un point de flanc de tir, son symétrique dans la zone de gauche.

On voit, d'après cette construction, qu'à mesure que V décroît, l'angle de V_r, avec son flanc d'attaque, qui est un flanc de chargement, devient plus grand que celui de V'_r, avec son flanc qui est un flanc de tir. Pour un certain angle β, suffisamment petit, il arrivera que l'angle de V'_r, avec son flanc, deviendra nul, et même que la direction de V'_r deviendra extérieure à l'ailette, ce qui signifie qu'alors, dans la région à gauche du plan azimutal, ce seront les flancs de chargement et non ceux de tir qui subiront la rencontre de l'air.

Voici donc un cas où, de côté et d'autre du plan azimutal, les flancs de chargement recevront à la fois le choc de l'air; de sorte que, tant que l'angle β n'aura pas une certaine ouverture, on perdrait le bénéfice du supplément de résistance attribué au flanc de chargement par les dispositions de la figure 6.

80... Mais il est facile de vérifier que cet état de choses correspond à une période limitée, et ne peut subsister que pour un angle β assez petit.

Pour cela, évaluons la grandeur de cet angle, pour laquelle la vitesse relative V'_r arrive à se confondre en direction avec son flanc d'ailette.

Soit CO (fig. 8) la génératrice passant par le point O d'un flanc d'ailette. Construisons sur $OX = V_o$, et sur XU, perpendiculaire à CO et égale à ωr, la projection OU du flanc hélicoïdal passant en O. Cette projection fait, avec la génératrice, l'angle d'hélice ε.

Par le point X, menons une parallèle XE à cette projection, et sur O comme centre, décrivons un arc de circonférence de rayon V, coupant la parallèle en F.

OF représentera — V_o et OI représentera V'_r, se confondant en direction avec le flanc BB.

Dans ces conditions :

$$\sin \beta = \frac{FA}{V}.$$

Comme d'ailleurs :

$$tg\, \epsilon = \frac{\omega r}{V_o} = \frac{AI}{OA} = \frac{AI}{V};$$

en prenant pour V sa projection OA, ce qui, vu la petitesse de β, n'entraîne qu'une erreur admissible dans cette évaluation approchée.

Ajoutant, il vient :

$$\sin \beta + tg\, \epsilon = \frac{FA + AI}{V} = \frac{\omega r}{V},$$

ou:

$$\sin \beta = \omega r \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{V_o}\right).$$

En appliquant cette expression au projectile Whitworth de 12, parvenu à la distance déjà grande de 2,500 mètres, on trouve :

$$V_o = 370^m,\ V = 235^m,\ \omega r = 57^m,\ \sin \beta = 0{,}088,$$

d'où :

$$\beta = 5^o.$$

On voit par là que, même dans un cas où ω est considérable, il ne se trouve à la fin d'une bonne portée qu'une valeur restreinte de β, en deçà de laquelle les flancs de tir des ailettes, à la gauche du plan azimutal se trouvent désintéressés de l'attaque de l'air.

Ainsi, dans la généralité des cas, pour peu que l'axe de figure prenne une inclinaison notable sur la tangente à la trajectoire, les dispositions de la figure 6 interviennent utilement. C'est surtout vrai tant que V ne diffère pas beaucoup de V_o. Et il ne faut pas oublier d'ailleurs, que, quoi qu'il arrive, ces dispositions ont constamment leur plein effet, pour ce qui est des autres régions de la surface du projectile.

81. — A propos de ces questions d'incidence entre les réactions de l'air et leurs flancs respectifs, une remarque importante est à faire. C'est que toutes choses égales d'ailleurs, plus la vitesse de rotation est grande et plus devient aiguë l'incidence de V'_r avec le plan de tir, tandis que plus s'ouvre au contraire l'angle de V_r avec le flanc de chargement.

On peut s'en assurer à l'inspection de la figure 7 *bis*, qui n'est qu'une répétition de l'épure de la figure 7, à échelle double, et pour deux vitesses de rotation différentes. Une première construction, en traits pleins

donne les incidences α et α' pour une vitesse de rotation ωr, et une seconde, en traits pointillés, fournit les incidences α_1 et α'_1, pour une autre vitesse $\omega_1 r$, plus grande que la première[1]. Or α_1 est plus grand que α, tandis que α'_1 est plus petit que α_1.

Il ressort de là une utilité spéciale de l'accroissement de la vitesse du mouvement giratoire au point de vue de la valeur du couple négatif de nutation. J'y insiste, parce que cet enseignement s'ajoute à ceux, dans le même sens, des expressions (i) et (k) où les influences des incidences α et α' sont négligées (49).

82... Il faut vérifier l'effet de la disposition en crémaillère des flancs de chargement, pour ce qui est de la zone déterminée par l'angle dièdre Q' de la figure 2, c'est-à-dire dans la région du corps cylindrique qui fournit la plus directe attaque de l'air.

Or il n'y a qu'à se reporter à la figure 5 pour reconnaître la convenance de cette disposition à ce nouveau point de vue. Ici, en effet, ce sont uniquement et toujours les flancs de chargement qui rencontrent l'air, et tout ce qui peut être ajouté à l'efficacité de cette rencontre les autant de gagné directement pour l'accroissement du couple négatif de nutation.

Observons en passant que dans cette région du projectile tout accroissement de la vitesse de rotation a pour effet d'augmenter l'incidence de la rencontre de l'air avec les flancs de chargement. La remarque du n° 81 s'étend donc à toute la surface du projectile. Je souligne ce point, parce que les expressions (i) et (k) ne rendent pas compte de cette importance spéciale de l'intensité du mouvement giratoire.

83... Il se présente, pour la région Q' de la figure 2, une indication nouvelle intéressante qui est l'accroissement possible du facteur δ de la formule (k) (page 546), c'est-à-dire de la distance qui sépare le centre de gravité du projectile de la section transversale contenant les milieux des longueurs d'ailettes.

Cette section peut facilement se repousser vers l'avant du projectile en allongeant les ailettes du côté de la pointe, comme le montre la figure 9[2],

1. Dans ces questions complexes, il serait difficile de tenir compte de tout. C'est ainsi que, dans mes diverses épures de construction, j'ai toujours conservé à la vitesse ω sa valeur initiale. Mais cette inexactitude ne change pas les conclusions. On sait, d'ailleurs, que ω diminue peu, en fait, durant le trajet. Cependant les dispositions proposées auraient pour effet de développer sa décroissance.

2. On a proposé, en vue précisément de créer un couple de nutation négatif, d'armer *la pointe seule* de saillies hélicoïdales. Mais il me semble que, reporté ainsi exclusivement dans une région où la vitesse de rotation est faible, l'artifice doit perdre de son effet, et de plus, l'appoint (i) (page 543) ne saurait présenter, en ce cas, qu'une valeur insignifiante à cause de la petitesse du bras de levier qui s'ajoute encore à la réduction de la vitesse de rotation.

qui représente une ailette AA, vue de face, et une autre BB qui est supposée rectifiée le long d'une génératrice et vue par son flanc de chargement. La quantité δ se trouverait ainsi notablement augmentée.

84... C'est ici l'occasion de remarquer qu'il est avantageux pour l'accroissement de δ d'équilibrer le projectile de manière à reculer vers l'arrière son centre de gravité. Mais cette disposition présente à d'autres point de vue des conséquences dont il y a grandement à tenir compte : ce n'est pas seulement δ qu'elle augmente; c'est en général le bras de levier de la résistance de l'air et par suite le couple nodal a'' aussi bien que le couple de nutation. Il en résultera donc, d'après l'équation (I) (page 534) une plus grande vitesse dans le mouvement conique de l'axe de figure. Je n'en vois pas l'inconvénient.

85... La figure 9 montre des encoches a', a'' au talon des ailettes qui interrompent leur saillie. Les vides ainsi formés sembleraient avoir pour effet de repousser encore vers l'avant le point milieu de la longueur utile des ailettes; mais je crois qu'il n'y faut compter qu'en partie, car ces vides sont de nature plutôt à modifier qu'à atténuer l'action de l'air contre cette partie des flancs. Mon but essentiel, en les proposant, est de donner naissance aux petits plans projetés en $a'a'$, $a''a''$ qui fonctionnent comme des fractions de *cannelures*.

Les cannelures au talon des projectiles sont, je crois, pratiquées couramment par certaines artilleries étrangères comme moyen précisément de maintenir l'axe de figure sur la trajectoire. Leur véritable mode d'action dans ce sens repose, non pas comme on le croyait en principe, sur un supplément de résistance à l'arrière analogue à l'effet de la queue des fusées (cet effet ne se produirait que si le projectile ne tournait pas sur lui-même); mais bien sur la différence entre les vitesses V_r et V'_r que révèlent les constructions des figures 3, 4 et 7, et d'où résulte un moment analogue au moment (i) de la page 543, c'est-à-dire un appoint au couple négatif de nutation.

Les encoches $a'a''$, formant des fractions de cannelures, n'agiraient donc pas autrement, en définitive, que les dents de crémaillère pratiquées sur les flancs de chargement. Seront-elles plus efficaces? C'est à l'expérience à prononcer et à dire s'il les faut multiplier.

86... Il a été expliqué au n° 64 que le moment du couple de nutation devenait nul, lorsque se réduisait à rien l'angle de l'axe de figure et de la tangente à la trajectoire. Ceci n'est plus exact avec les accidents de formes donnés aux flancs de chargement : un certain moment négatif persistera pour $\beta = o$ par suite de la prédominance des résistances contre ces flancs. Mais il a été reconnu aussi que cette persistance du

moment négatif était sans inconvénient dans une certaine mesure, sur laquelle c'est encore à l'expérience à prononcer.

87... Pour résumer ce paragraphe : j'arrive comme conclusion pratique à proposer un projectile armé d'une série d'ailettes, formant sur sa surface des saillies hélicoïdales continues, dont les flancs de tir seraient fortement inclinés sur la normale au corps d'obus et dont les flancs de chargement seraient, au contraire, normaux à ce corps. Les flancs de chargement présenteraient en outre, au lieu d'une surface hélicoïdale unie, une suite de redans en crémaillère, avec des encoches vers le talon du projectile ; le tout conforme aux indications de la figure 9.

§ 2. — EXAMEN DE LA SOLUTION PROPOSÉE A UN POINT DE VUE PLUS GÉNÉRAL DU TIR.

88... Je rappelle qu'en dehors de ces particularités de forme extérieure du projectile, une grande vitesse initiale de translation, un très-rapide mouvement giratoire et une grande longueur du projectile sont aussi des éléments essentiels du programme.

Il convient d'examiner les conséquences de l'ensemble de ces conditions à un point de vue plus général du tir.

89... En ce qui concerne d'abord l'allongement du projectile, il ne présente de toute façon que des avantages; puisqu'à masse égale, c'est-à-dire pour une même puissance vive, on n'offrira ainsi à la résistance de l'air qu'une section de plus en plus faible, si toutefois, et c'est le but auquel on tend, on arrive à maintenir la plus grande longueur en coïncidence avec la direction du trajet.

Il n'y aura donc, pour la longueur du projectile, que les limites matérielles imposées par la convenance de ne pas trop allonger les charges en réduisant le calibre; et par la nécessité d'un éclatement efficace qui ne s'accommoderait pas d'une disposition trop en longueur.

90... La forte saillie et la longueur des ailettes, ainsi que les redans ou encoches dont on hérisse leur surface, ne se justifient pas de la même façon au premier abord. Il semble en devoir résulter, avec l'accroissement des résistances de l'air, celui des déperditions parasites du travail de la poudre. Mais ces apparences ne tiennent pas devant l'examen.

Les résistances qui se développent sur les flancs d'ailettes peuvent se décomposer en longitudinales au projectile et en tangentielles à la rotation. Les premières seules font naître des forces négatives de translation; les secondes ne font que ralentir plus ou moins le mouvement giratoire.

Mais cette influence des premières se limite en définitive à celle que pourrait avoir un anneau de même saillie entourant transversalement le projectile; et si la présence d'un pareil appendice peut contribuer à maintenir l'axe de figure près de la tangente, il évite le développement bien autre de surface résistante qui se produit quand le projectile se présente obliquement à l'attaque de l'air. C'est donc un sacrifice bien placé et cela est si vrai que certaines artilleries emploient dans ce seul but des cannelures saillantes annulaires comme artifices de direction des projectiles (85) et sans leur attribuer aucun rôle d'ailettes.

On objectera peut-être que les résultats avantageux des saillies ne naissent que vers la fin du trajet, alors que s'ouvre plus sensiblement l'angle de l'axe de figure avec la tangente; tandis que leur résistance propre surgit dès l'origine du mouvement, alors qu'aucun effet correcteur n'en doit être attendu.

A cela je réponds que dans cette période initiale, durant laquelle effectivement les saillies-ailettes continues n'ont qu'un rôle nuisible, elles sont bien loin de présenter une surface résistante aussi développée que dans la suite du trajet, quand leur fonction devient utile. J'ai rappelé au nº 78, page 553, qu'au départ l'air ne rencontre pas les flancs d'ailettes et ne fait que les lécher, c'est donc seulement par leur tête amont que les ailettes subissent en cet instant le choc du milieu[1], tandis que plus tard, lorsque la vitesse de translation décroît et que l'angle β prend naissance, ce sont les flancs dans tout leur développement qui déplacent l'air. C'est dans ce cas seulement qu'on peut assimiler la résistance de l'ensemble des ailettes à celle d'un anneau équatorial.

L'objection indiquerait donc simplement la convenance de disposer les têtes amont d'ailettes comme des sortes de *proues*, attaquant le milieu dans de bonnes conditions nautiques. C'est ce que j'ai cherché à faire.

91... Quant à la rapidité du mouvement rotatoire, il est certain qu'il n'y a pas lieu de la pousser au delà du nécessaire, car elle représente directement une partie du travail de la poudre et son excès serait une perte. Mais il faut s'entendre sur le nécessaire et ne pas le limiter seulement, soit à ce que demanderait le parallélisme de l'axe de figure dans l'espace, soit aux conditions de justesse dans le tir. La fonction utile de la rotation va au delà. On a vu combien peu l'orientation convenable de l'axe de figure était assurée par la seule tendance au parallélisme qui, considérée seule, devient au contraire un élément à combattre. C'est en donnant naissance aux forces résistantes contre les flancs d'ailettes étudiées ci-dessus, et par suite au couple négatif de nutation, que le mou-

1. Elles sont en cela, dans des conditions certainement moins défavorables, que pour les projectiles ordinaires à ailettes, où celles-ci forment des protubérances isolées et sur plusieurs rangs.

vement giratoire révèlera son vrai complément d'utilité, comme il le fait déjà dans le projectile polygonal Whitworth. Ramener l'axe de figure près de la tangente devenant ainsi son rôle, tout ce qui lui sera donné d'intensité pour le bien remplir doit être tenu pour hautement justifié.

En d'autres termes, le projectile doit être regardé comme emportant avec lui dans son mouvement giratoire un réservoir, non-seulement de stabilité et de justesse, mais aussi de bonne orientation sur la trajectoire. Ce réservoir il le faut dépenser durant le trajet en résistances qu'un bon tracé d'ailettes peut convertir en tuteurs constants de l'axe de figure. Un tel emprunt fait au travail de la poudre ne saurait se marchander. Sans doute c'est une certaine réduction pour la vitesse initiale de translation; mais n'est-ce pas un principe expérimental en artillerie rayée, que les effets de conservation de vitesse dominent bien vite les sacrifices même considérables en vitesse initiale?

92... Il est à noter que les grosses ailettes, à grand relief, à forte épaisseur, envisagées comme organes mécaniques pour transmettre au projectile, lors du départ dans l'âme, un violent mouvement giratoire, se trouvent des mieux placées pour la fatigue de cet emploi auquel ne sauraient pourvoir des gaînes de plomb agissant par forcement. Celles-ci y suffiraient d'autant moins qu'il est une dernière condition à satisfaire, celle d'une grande vitesse initiale de translation.

Une grande vitesse initiale jointe à un pas très-court, c'est pour les ailettes au départ une somme de fatigue qui à elle seule commande impérieusement la constitution la plus robuste de ces organes. Il n'y a pas à penser à demander un pareil travail aux saillies embryonnaires qui naissent d'un forcement; et sous ce rapport les fortes lignes d'ailettes continues, auxquelles ont conduit nos déductions théoriques, s'harmonisent pour le mieux comme solution avec les nécessités matérielles du problème.

Tout se bornera en exécution à adopter une cote suffisante pour l'épaisseur *b* (fig. 9). C'est cette épaisseur qui réglera le nombre des ailettes pour chaque calibre.

§ 3. — AMOINDRISSEMENT ET MÊME SUPPRESSION PROBABLE DE LA DÉRIVATION.

93... La dérivation des projectiles d'armes rayées, c'est-à-dire leur tendance à dévier dans un sens déterminé hors du plan de tir, est en elle-même sans inconvénient capital, parce que sa loi est assez régulière pour que des dispositions de hausses assez simples suffisent à donner au plan de tir l'angle correcteur convenable avec la direction du but.

Cependant la dérivation est fâcheuse, ne serait-ce qu'en ce qu'elle donne une gravité de plus aux erreurs d'évaluation des distances pen-

dant le tir. Il y a donc intérêt pratique à la réduire et à maintenir la trajectoire aussi près que possible d'une courbe plane située dans le plan de tir.

94... La dérivation des projectiles tournants a été l'objet des plus savants travaux, dont les conclusions ne paraissent pas malheureusement avoir toute la concordance qui constitue les solutions définitivement acquises.

L'opinion la plus généralement admise aujourd'hui paraît être celle qui relie directement la dérivation au mouvement conique de l'axe de figure du projectile autour du centre de gravité comme sommet et de la tangente comme axe de cône, mouvement dont la vitesse est réglée, ainsi que nous l'avons vu (21), par la valeur du couple nodal a''.

Voici très-succinctement comment s'établit la relation entre les deux mouvements.

95... Considérons, non plus comme nous l'avons fait jusqu'ici, les couples autour du centre de gravité qui résultent du transport fictif en ce point de la résistance de l'air, parallèlement à sa direction; mais bien cette résistance elle-même ainsi transportée au centre de gravité; et décomposons-la en trois composantes rectangulaires, dont une horizontale et perpendiculaire au plan de tir. C'est cette composante qui modifie dans le sens de la dérivation le mouvement du centre de gravité.

On reconnaît aisément que la résistance résultante étant toujours contenue dans le plan azimutal, ou du moins étant constamment entraînée par lui dans son mouvement autour de la tangente à la trajectoire (19), la composante horizontale ou de dérivation prendra des grandeurs variables et des directions opposées pendant les diverses phases du mouvement azimutal. Ainsi elle passera par zéro à toutes les demi-révolutions et changera de signe au moment où le plan azimutal se trouvera dans le plan de tir.

Dans le cas d'un projectile tournant sur lui-même dans le sens des flèches *a* des figures 2, 3, 4 et 5 et accomplissant son mouvement conique dans le même sens, la composante dérivatrice sera dirigée vers la droite du plan azimutal pendant la première demi-révolution conique, à partir de la position de ce plan qui coïncide avec le plan de tir; elle passera à gauche pendant la seconde période de la même révolution.

Il en résulte que pendant une même révolution conique le centre de gravité est entraîné successivement vers la droite, puis vers la gauche du plan de tir.

96... Or, pendant la durée d'une révolution conique, la tangente à la trajectoire qui forme l'axe du cône va toujours en s'abaissant vers le sol. Par suite la première demi-révolution, pendant laquelle la pointe du

projectile va aussi en s'abaissant, à plus de durée que la seconde, pendant laquelle la pointe du projectile remonte; et il en est de même pour toutes les révolutions qui se succèdent. Cela entraîne une prédominance constante de l'action vers la droite de la composante dérivatrice, d'où finalement une dérivation à droite.

Par les mêmes raisons, si le mouvement conique se faisait dans le sens contraire, la dérivation, elle aussi, changerait de sens.

97... D'après cette théorie, qui paraît bien d'accord avec les faits, il faut, pour diminuer la dérivation, réduire l'excédant d'action que présente la composante dérivatrice durant les demi-révolutions coniques d'ordre impair. Or il y a pour cela deux moyens :

1° Diminuer la composante elle-même, ce qui aura lieu en réduisant l'angle β de la surface conique décrite par l'axe de figure. Si on arrivait, en effet, à faire cet angle nul, la composante horizontale de la résistance de l'air n'aurait plus constamment que la valeur qui résulte de la légère inclinaison de celle-ci sur le plan azimutal;

2° Tendre la trajectoire, afin que l'abaissement de la tangente vers le sol soit moins rapide et n'entraîne plus la même différence de durée entre les demi-révolutions coniques successives.

98... Mais diminuer l'angle β et tendre la trajectoire représentent précisément l'objet unique des dispositions nouvelles du projectile : c'est le moyen et le but; et il n'y a pas ici d'autre visée. Si donc les dispositions sont efficaces, elles doivent, du même coup et dans la mesure de leur efficacité, procurer l'amoindrissement de la dérivation. Elles doivent même, si leur objectif est atteint complétement, supprimer par le fait toute dérivation.

99... Ces prévisions trouvent une justification assez nette dans l'exemple du projectile Whitworth, qui présente la particularité d'une dérivation très-faible malgré une vitesse de rotation relativement très-développée. On sera peut-être frappé de cette nouvelle sanction expérimentale fournie d'avance aux idées qui ont inspiré mon travail [1].

§ 4. — CONSÉQUENCES POUR LE MODE DE CHARGEMENT.

100... Quel mode de chargement employer avec des projectiles du genre de ceux que j'ai décrits?

1. Ceci a été écrit avant aucune expérimentation de mon obus à ailettes continues et de haut relief. Je puis maintenant aller plus loin et annoncer qu'un premier essai de tir, effectué en petit au polygone de Grenoble depuis que ce mémoire est à l'impression, a réalisé la suppression *complète* de la dérivation.

C'est, à première vue, l'exclusion du forcement, tel du moins qu'il se pratique aujourd'hui par gaîne de plomb et chargement par la culasse[1]. Ce forcement est, en effet, essentiellement restrictif de deux éléments importants : le relief des ailettes et la petitesse du pas. Il ne peut donner, je le répète, que des ailettes à saillies insignifiantes, puisque le métal les doit fournir brusquement par forcement, et, en outre, il lui faut, pour que ces saillies ne s'arrachent pas dans le violent parcours de l'âme, une longueur de pas dont on a déjà éprouvé en pratique la limite inférieure. Il n'y aurait donc à espérer de ce mode de forcement aucun accroissement sérieux de la vitesse de rotation, ni aucune action développée de la résistance de l'air contre les flancs d'ailettes.

Il faut par conséquent en venir, ou à tirer avec vent comme dans le Whitworth, qui se charge par la bouche à projectile non forcé, ou à forcer autrement que par les moyens en usage.

401... Je vais, dans un chapitre spécial, en quittant les généralités pour une description précise, exposer une solution que je soumets instamment à l'examen des hommes spéciaux. J'ai cherché à satisfaire aux exigences multiples du grand problème de l'artillerie divisionnaire, soit celles qui le dominent de toute façon, soit celles dont je viens plus spécialement de poursuivre l'étude dans les chapitres précédents.

CHAPITRE VII.

Application à un projet d'artillerie divisionnaire.

§ 1. — POINT DE DÉPART DE CE PROJET.

402... Le canon Whitworth, par ses beaux éléments de tir pour des calibres très-réduits, a montré que les artifices de forcement, avec gaînes de plomb et tout l'attirail du chargement par la culasse, n'étaient nullement indispensables pour la justesse du tir et la tension des trajectoires, et qu'on pouvait atteindre aux mêmes fins par d'autres voies plus conformes aux conditions de simplicité si éminemment précieuses dans toute artillerie de campagne.

J'espère avoir montré que par la considération très-élémentaire de

1. On verra cependant, chapitre VII, § 10, que les choses peuvent se concilier.

l'action de l'air contre les flancs d'ailettes du projectile Whitworth, on arrivait non-seulement à l'explication des qualités de ce projectile, mais aussi à l'indication des moyens efficaces de développer encore cette supériorité.

C'est en grande partie dans l'application de ces moyens que consiste mon projet, dont le Whitworth se trouve en quelque sorte le point de départ naturel. J'ai recherché aussi cependant les perfectionnements de toute autre espèce, tels que forcement, augmentation de densité, etc., en m'astreignant seulement à n'amoindrir en rien la grande vitesse initiale, et le mouvement giratoire très-rapide que je regarde comme dominant la solution.

Je mets ma description sous forme d'énumération des caractères principaux que présenterait la nouvelle arme.

§ 2. — GRANDE DENSITÉ DU PROJECTILE.

403... Je réalise cette condition de premier ordre par l'emploi d'un métal nouveau comme obus, mais connu déjà en artillerie : c'est un alliage de *plomb* et *antimoine* suffisamment ductile pour se prêter au forcement spécial qui lui est réservé, et suffisamment aigre et cassant pour fournir un éclatement tout aussi efficace pour le moins que les obus en fonte.

Je ne me permettrais pas d'avancer ces divers caractères, contradictoires en apparence, sans m'être assuré l'appui de l'expérimentation. Je renvoie, pour les détails de cet essai, à ma précédente notice[1]. Ils sont aussi probants que peuvent l'être les résultats d'une expérience unique : après un forcement dans des conditions inattendues, les éclats du projectile essayé se sont montrés uniformément répartis, plus égaux et beaucoup plus nombreux que ne saurait les donner la fonte.

J'ai reproduit, dans la figure 10, le relevé de l'éclatement.

404... L'alliage présente une densité de 10,77. Celle de la fonte n'est que 7,2.

La densité d'ensemble du projectile nouveau, c'est-à-dire le quotient de son poids par le volume extérieur, serait : 8. Le même quotient, pour l'obus de 4 français, ainsi que pour le 7 nouveau modèle, est 5,5.

La signification du rapprochement de ces chiffres, au point de vue balistique, n'échappera à personne.

1. Artillerie volante du calibre de 1, à recul libre et à affût fixe. — 1870.

§ 3. — HOMOGÉNÉITÉ DU PROJECTILE. PERFECTION DE FORME. CONCENTRICITÉ. FACILITÉS DE FABRICATION.

105... L'alliage en question n'est autre chose que le métal des caractères d'imprimerie. C'est dire l'homogénéité et les délicatesses de formes qu'il peut recevoir par simple moulage.

En fait, on arrivera, en employant des moules métalliques, avec noyaux également en métal, à réaliser, sans aucun tournage subséquent, un fini de formes et une régularité que la moulerie de fonte ne connaîtra jamais. On obtiendra même *de fusion* les pas de vis, comme cela se pratique déjà pour la poterie d'étain, et en même temps disparaîtront les dangers de soufflures si funestes à l'homogénéité et au plein du métal. Les moules, ne devant supporter qu'une faible chaleur, deviendront des objets *de précision*. Préparés au tour, avec les noyaux centrés rigoureusement[1], ils donneront aux projectiles une concentricité à peu près absolue, en même temps qu'une régularité de l'un à l'autre et une exactitude dans le calibre, qui, à elle seule, permettra, pour le cas de chargement par la bouche, de réduire le vent dans l'âme dans une proportion considérable. Le jeu entre l'âme et l'obus ne figure dans mon projet que pour 1mm 1/2 sur le diamètre.

106... Une fois les moules réalisés, la fabrication deviendrait une opération particulièrement facile, n'exigeant que les foyers les plus ordinaires, sans aucun outillage de parachèvement, et se pourrait pratiquer dans les plus modestes arsenaux.

§ 4. — FORCEMENT DU PROJECTILE, TOUT EN RETENANT LA PETITESSE DU PAS ET UNE GRANDE VITESSE INITIALE.

107... La malléabilité du métal adopté a cette conséquence que le forcement aurait lieu par suite simplement de l'inertie de l'obus au départ et par le fait d'un léger refoulement général de tout le corps cylindrique, amenant un accroissement du diamètre extérieur jusqu'à la rencontre hermétique des parois de l'âme.

Ici encore, je parle d'après l'expérimentation dont j'ai donné les détails dans la notice déjà citée.

108... Le gonflement s'annonce dans des conditions extrêmement heureuses, en ce que l'occlusion de l'âme est complète, sans que le projectile éprouve autre chose qu'une déformation très-limitée, régulière, et

1. Les noyaux métalliques seraient en plusieurs segments pour entrer et sortir par la gorge. Une pièce-clef les maintiendrait en place et constituerait le moule de la gorge filetée.

qu'on pourra d'ailleurs réglementer en lui assignant des points d'élection par une judicieuse répartition des épaisseurs aux diverses parties du corps d'obus. C'est ainsi que les encoches *a'a''* de la figure 9, si elles étaient placées au droit du centre de gravité, auraient pour effet, en affaiblissant localement les ailettes qui, vu leur forte saillie, sont comme une ossature du projectile, d'assurer plus particulièrement le centrage dans l'âme de la région contenant le centre de gravité.

109... De plus, avec ce mode de forcement, les projectiles peuvent recevoir à l'avance des ailettes continues, très-saillantes et robustes à toute épreuve, ce qui procure l'avantage : 1° d'éviter le brutal poinçonnage du plomb à l'entrée des rayures, premier travail demandé à la poudre avec les obus à enveloppe ; 2° de permettre, et c'est capital, d'aborder les pas de rayure les plus courts, malgré de fortes charges c'est-à-dire un violent mouvement giratoire et une grande vitesse initiale de translation, sans crainte d'arrachement au départ.

C'est donc bien à la fois le forcement et le maintien intégral des caractères spéciaux du Whithworth favorables au couple négatif de nutation, savoir : rotation rapide, fortes saillies de lignes d'ailettes continues, et tir à grande charge.

§ 5. — CHARGEMENT PAR LA BOUCHE.

110... Si le genre particulier de forcement qui vient d'être décrit n'exclut pas le chargement par la culasse, il ne le rend plus nécessaire.

Or, je présume que le choix ne sera pas douteux. Dès que le forcement est obtenu par ailleurs, le chargement par la culasse n'aurait guère d'autre motif, dans une artillerie divisionnaire, que l'engouement du jour. Les artilleurs préféreront sans doute des pièces robustes, se chargeant par la bouche et dispensées des complications mécaniques d'une fermeture de culasse. D'autant plus que, pour le tir à fortes charges, il y a à compter avec des difficultés d'obturation qui sont peut-être encore à résoudre aujourd'hui.

§ 6. — DÉTAILS D'EXÉCUTION DE LA BOUCHE A FEU.

111... La pièce serait en acier fondu très-doux, présentant avant rupture un allongement de 25 à 30 p. 0/0. L'industrie est depuis peu de temps en mesure de réaliser ce métal ; mais elle en a maintenant les moyens courants et sûrs. Un tel métal n'a plus d'acier que le nom ; il offre toutes les qualités à froid du meilleur fer avec les avantages d'égalité et de continuité de structure que donne la fusion.

Les données essentielles du tracé de la bouche à feu se trouvent dans la figure 11.

Son poids fini est 450 kil.

Elle est prise par forgeage au marteau-pilon dans un seul bloc d'acier de 40 centimètres environ d'équarrissage. Les dimensions, comme pièces de forge, sont assez restreintes pour assurer un bon travail de martelage et une atteinte de l'action du marteau bien à cœur de la pièce.

112... Pour n'entraver en rien cette action, et afin qu'on puisse traiter la pièce sur l'enclume avec les mêmes facilités et la même promptitude qu'une barre courante, les tourillons ne sont pas pris de forge, on les rapporte après coup. Cette excellente précaution devrait être une règle absolue pour toute artillerie forgée, quelle que soit la répugnance qu'elle inspire généralement aux forgeurs, dont elle tend à suspecter l'habileté.

113... Aussitôt après le forgeage, et avant tout travail de forage ou de tour, je propose de soumettre la bouche à feu à une *trempe* générale, au rouge simple, dans une eau froide abondamment renouvelée.

Mes raisons, d'attendre le meilleur effet de cette opération sur la résistance de la pièce, sont de deux espèces :

D'abord la trempe appliquée aux grosses pièces de forge présente des effets d'adoucissement du métal et d'exaltation de sa ténacité, dont on n'avait aucune idée avant l'application qui s'en est faite aux plaques de blindage. C'est un ordre de phénomènes tout particulier qui s'est révélé à cette occasion. Il est l'inverse de ce que produit la trempe sur les aciers de petit échantillon. Ce n'est pas ici le lieu d'en faire l'étude[1], mais il n'est pas douteux que des effets de ce genre seraient d'un prix inestimable dans des pièces d'artillerie.

En second lieu, la trempe n'agira pas également sur toute la masse du métal. Ses effets, parmi lesquels est un retrait notable, seront considérablement plus sensibles vers la surface et dans les zones environnantes que dans le cœur même de la pièce vers le noyau. Les zones extérieures prendront ainsi un état de tension initiale relativement supérieur, et c'est précisément la condition qu'on recherche aujourd'hui dans la contexture des bouches à feu. On la poursuit, dans la grosse artillerie, par les dispositions de frettage les plus étudiées ; elle serait ici le fait d'un artifice particulièrement simple[2].

1. Les progrès dus à la trempe, à l'origine de la fabrication des blindages ont tenu du merveilleux. Les mêmes plaques qui, frappées sur une moitié non trempée étaient mises en pièces par le canon, fournissaient sur l'autre d'admirables empreintes attestant une douceur parfaite du métal. Il faut avoir suivi ces essais pour se figurer ces résultats.

2. Dans la coulée des canons en fonte, on cherche au contraire, et toujours dans le même

Je dois dire, en proposant la trempe des pièces de campagne en acier fondu, que je n'ai pas l'appui d'expériences directes. Mais il me semble que le seul fait des résultats obtenus sur des plaques de blindage serait de nature à justifier des essais.

114... Bien que la pièce soit destinée au chargement par la bouche, le forage en serait fait de part en part dans le but de mieux assurer la rectitude de l'âme et la perfection de la rayure. La culasse sera ensuite tamponnée par une vis pleine formant bouton de culasse. J'ai suivi, pour cette disposition, comme pour la bague à tourillons, le modèle du canon Whitworth. On ne saurait, je crois, arriver à une meilleure entente de ces détails importants.

115... La longueur d'âme est $1^m,75$, soit 29 calibres.

Le centre de gravité de la bouche à feu tombe à 115^{mm} en arrière des tourillons, ce qui donne une prépondérance de 50 kil. au bouton de culasse.

Le pas des rayures est $4^m,20$ seulement.

§ 7. — DÉTAILS D'EXÉCUTION DE L'OBUS.

116... La figure 12 montre l'obus, grandeur d'exécution. Il est représenté armé de la fusée percutante *Maucourant*. Tout autre modèle de fusée peut évidemment être appliqué, pourvu que la tête en soit épanouie en ogive, comme le montre le tracé, afin de protéger convenablement la pointe du projectile.

117... Voici la légende de l'obus :

Fusée percutante	$0^k,350$
Corps d'obus en alliage plomb et antimoine	5 ,000
Poudre d'éclatement	0 ,250
Poids total	$5^k,600$

Densité de l'ensemble : 8...... (104).
Densité de l'alliage : 10,77.

118... Les ailettes sont au nombre de 6 et occupent toute la longueur

but, à refroidir rapidement le noyau en maintenant chaudes les surfaces. Mais il s'agit alors d'un métal en fusion qui se solidifie, et on s'attache à empêcher que les parties enveloppes se figent les premières et nuisent par là à la liberté d'arrangement moléculaire du noyau. Il y a, en outre, l'avantage de faire faire son retrait à l'enveloppe sur un noyau solide et résistant, ce qui ne peut que lui donner la tension initiale désirée.

de la partie cylindrique, empiétant même sur l'ogive jusqu'à la fusée, afin d'augmenter la longueur δ (83).

Le centre de gravité est à 101^{mm} du talon, et la valeur de δ serait 29^{mm} environ[1].

Les ailettes ont un relief de 4^{mm},1/2. Leur section transversale est trapézoïde. Le flanc de chargement porte les redans, et le talon d'ailette porte les encoches dont le but a été expliqué aux numéros 76 et 85. Le flanc de chargement *bc* se présente presque normal (77) au corps d'obus[2]. Quant au flanc de tir *ef*, il est incliné à 20° sur la tangente au corps, comme dans les pièces françaises rayées. Le motif de cette disposition a été expliqué au n° 77. Elle a une conséquence intéressante au point de vue, non de l'obus ordinaire qui nous occupe, mais de l'obus à balles : c'est de centrer, pendant son trajet dans l'âme, ce projectile qui, on va le voir, n'est pas forcé et se charge avec vent.

119... Pour faciliter l'éclatement du talon, dont l'épaisseur est plus grande, six petites cloisons en tôle *aaa* sont placées dans le moule avant la coulée et abandonnées par lui dans le métal de l'obus. Ces cloisons sont passées au blanc préalablement, afin de ne pas se souder à l'alliage.

120... D'après cette description sommaire, et à l'inspection de la figure 12, on reconnaîtra sans doute qu'avec les agencements les plus simples, puisqu'il n'y a aucune complication d'enveloppe rapportée, on réaliserait aussi développées que possible : d'abord la densité, dont il n'est en artillerie aucun exemple approchant (5^{k},5 de projectile pour un calibre de 60^{mm} seulement), et en même temps les conditions essentielles d'un couple de nutation négatif énergique, tout en retenant les éléments précieux de centrage et d'obturation qu'assure le forcement.

Malgré ces séductions, aura-t-on assez de foi en un obus à base de plomb pour en aborder la tentative? C'est ce que je ne saurais préjuger en aucune manière, et je ne puis, à ce sujet, que répéter ce que j'ai dit déjà en exposant une partie de ces idées :

« Ces diverses conditions, quel que soit leur intérêt et fussent-elles « réalisées à la lettre, ne sont encore que certains côtés de la vaste ques- « tion du meilleur canon divisionnaire. Il y a d'autres éléments dont « l'appréciation ne saurait être mon fait. Des obus en alliage de plomb « ne seront-ils pas trop chers (leur matière première coûterait environ « 0 fr. 75[3] le kilog.)? Seront-ils suffisants comme agents de destruction

1. Je n'ai pas osé aller plus loin et reculer davantage le centre de gravité vers le talon, mais ce serait, je crois, à tenter.

2. Un peu de dépouille seulement est laissé en vue du moulage.

3. Ce chiffre est exagéré ; il n'atteindrait pas, en réalité, 60 centimes, au prix actuel du

« et comme pénétration dans les obstacles ? Il est clair qu'en rase cam-
« pagne, contre des troupes ou du matériel, leur efficacité sera com-
« plète, et aussi contre les retranchements en terre ou les constructions
« ordinaires des villages ; mais, en face des remparts réguliers, ne pré-
« senteront-ils pas une insuffisance relative inadmissible, même dans
« une pièce d'artillerie purement divisionnaire ? »

§ 8. — DÉTAILS D'EXÉCUTION DE L'OBUS A BALLES.

121... Les obus à balles font aujourd'hui une partie intéressante des approvisionnements des bouches à feu de campagne, sinon au point de vue du nombre relativement restreint de ces projectiles, qui entre dans les caissons, au moins sous le rapport de l'importance des résultats qu'ils peuvent donner en certaines circonstances.

122... Or la réduction du calibre n'est pas favorable à l'efficacité des obus à balles, parce que le nombre des balles se trouve réduit par l'exiguité du corps d'obus. Cette circonstance a même assez d'importance aux yeux de certains artilleurs, pour devenir limitative de la petitesse du calibre malgré tous les avantages balistiques de celle-ci à masse égale de projectile.

Pour tout concilier, je propose un modèle fondé sur le parti pris de diminuer considérablement le volume et le poids relatif du corps-enveloppe en le faisant d'un métal plus tenace que la fonte, et de développer d'autant le chargement en balles. Ce métal serait en l'espèce le *cuivre rouge*. Il présente l'avantage de se prêter à une fabrication des corps d'obus par tirage au banc, qui donnera des pièces d'une précision parfaite comme diamètre extérieur et figure des ailettes, et d'assurer aux ailettes une douceur des plus convenables pour le travail de frottement que ces appendices ont à subir dans l'âme.

On retrouverait ainsi dans les obus à balles le même fini de formes que dans l'obus ordinaire décrit ci-dessus (105), permettant de réduire à très-peu de chose le vent de chargement.

L'épaisseur du corps serait de 6 $^{m}/_{m}$. J'estime ce chiffre suffisant (du moins comme point de départ des essais), grâce à la nature du métal, au renfort que fournissent les ailettes et à la petitesse du calibre, pour résister aux effets de l'inertie lors du choc initial dans l'âme.

régule d'antimoine. Et il faut dire, en outre, que depuis l'époque ou je parlais ainsi on est venu à reculer beaucoup moins devant l'étude des projectiles perfectionnés, compliqués et coûteux pour l'artillerie de campagne. Ce qui était effrayant comme dépense pourrait bien devenir normal par la force des choses. Et si mes obus en alliage, sont chers de métal, ce sera compensé pour le prix de revient relatif par l'extrême simplicité d'une fabrication qui serait remarquablement économique.

123... Moyennant ces conditions, la proportion du poids des balles constituant le chargement, au nombre de 104, est de 2 kil., sur un poids total de projectile de $5^k,44$. Dans l'obus à balles de 4 français, les balles, au nombre de 85, ne représentent que $1^k,7$ sur $4^k,7$ de projectile; et dans le schrapnel de 12 Whitworth les balles, au nombre de 40, ne représentent que $1^k,18$ sur $5^k,3$ de poids total.

124... La figure 13 donne les détails du projectile.

La pointe ogive est entièrement composée d'une fusée Richter, à durée, avec inflammation par capsule au départ. Je n'ai pas à insister sur cette fusée très-connue.

La base *aa* sera ici en laiton, avec le goujon *cc* venu de la même pièce, la rondelle *bb* en zinc[1]; et l'écrou *dd* en laiton.

Le corps d'obus est en cuivre rouge, d'une même pièce avec le fond-culot, et préparé par emboutissage et tirage au banc, cette opération faisant venir d'elles-mêmes les ailettes avec toute la netteté et la précision désirables.

qq est une rondelle, légèrement conique, en fer, qui se pose au fond du corps pour commencer le chargement de l'obus. Elle est traversée par le tube *gg*, en laiton, de 1 m/m d'épaisseur.

On place ensuite les 13 assises de balles sphériques *h*, *h*, *h*, en plomb, mesurant 14 m/m de diamètre. Chaque assise contenant 7 balles, c'est en tout 91 balles.

L'extrémité supérieure du tube *gg*, étant bien centrée par le moyen d'un guide provisoire à jour, on coule entre les balles une garniture de soufre ou de résine en fusion.

Le tube *gg* se centre au fond du culot dans un logement spécial *nn*. Ce logement, ainsi que le siége annulaire *oo* de la rondelle *qq*, est obtenu bien régulier au moyen d'une mèche ou fraise qui fait le tout en quelques tours.

Dans le tube *gg* s'en trouve un autre plus mince, entré *à force* et d'une forme particulière indiquée dans la coupe transversale. Cette forme a pour but de ménager de bout en bout du projectile deux canaux demi-cylindriques, que la coupe montre en *zz*, pour la communication du feu à la charge d'éclatement.

Cette disposition entraîne une forme particulière pour les balles centrales plates *mm*, qui se glissent au nombre de 13 dans le noyau formé par l'ensemble des deux tubes.

La charge en poudre se verse par les vides demi-cylindriques *zz* qui restent libres. Elle vient occuper la chambre *pp* et remplit les demi-cylindres eux-mêmes jusqu'en haut. On l'y serre graduellement avec un

1. En vue de diminuer l'inertie de cette rondelle, ce qui est important avec le pas très-court des rayures, ne pourrait-on essayer de la faire en *buis*?

bourroir en cuivre, jusqu'à ce que toute la quantité mesurée à l'avance ait trouvé place.

On met enfin la fusée dont le dessous est disposé pour centrer à la fois et maintenir les deux tubes en laiton, et pour appuyer sur une balle cylindrique *s*, en caoutchouc, destinée à comprimer la colonne des balles centrales, dont le pied repose également sur une rondelle en caoutchouc *s'*.

125... L'éclatement se fait dans les conditions suivantes :

Le pas de vis *ee*, qui sert d'assemblage entre la fusée et le corps d'obus, représente intentionnellement un point faible. Il doit devenir le premier lieu de rupture au moment de l'explosion. Le corps d'obus se trouve alors retardé dans son mouvement et le chargement est au contraire projeté en avant, de sorte que l'angle du cône de dispersion semble devoir être faible. Il est à remarquer, en outre, que les balles cylindriques *mm*, formant la colonne centrale, continueront après l'explosion le parcours de la trajectoire elle-même et se trouveront animées chacune du même mouvement giratoire que l'obus.

126... Le pas de vis *ee* et les parties avoisinantes seraient trop faibles pour suffire à entraîner brusquement la fusée dans le mouvement giratoire au départ. Afin d'y suppléer, la base de la fusée est armée de têtes d'ailettes *rr* qui se trouvent guidées et entraînées dans les rayures. Le pas de vis n'a plus ainsi aucune fonction fatigante au départ. La poussée initiale de la fusée selon la translation se fait même aussi par l'intermédiaire des ailettes.

Il résulte de cela une certaine sujétion de raccordement entre les ailettes de la fusée et celles du corps. Mais une coïncidence bien exacte peut être obtenue sans compliquer la fabrication, au moyen de la disposition représentée dans la figure 14.

Les têtes d'ailettes que porte la fusée sont venues de fusion avec un peu d'excédant de métal au flanc de tir, et le raccordement rigoureux ne demande que l'enlèvement très-facile des quelques parcelles représentées en *aa* (fig. 14) par un tracé pointillé et des hachures.

On observera que la présence des têtes d'ailettes sur la fusée a pour effet l'accroissement de la quantité δ (83).

127... Voici la légende de l'obus à balles :

Fusée Richter en laiton et zinc		$0^k,445$
Corps d'obus en cuivre rouge		$2^k,500$
Balles	91 balles sphériques en plomb	$1^k,730$
	13 balles cylindriques en plomb	$0^k,240$
Rondelle de support du chargement		$0^k,080$

2 tubes en laiton.	0k,175
Soufre.	0k,235
Poudre d'éclatement.	0k,040
Poids total.	5k,445

128... J'ai supposé mon obus à balles muni d'une fusée Richter, c'est ainsi que le représente la figure 13. Mais il est extrêmement probable qu'une simple fusée ordinaire à durée pourrait être adoptée, en raison du vent du projectile qui, bien que très-réduit, suffira sans doute encore à l'inflammation des évents. Ce serait à la fois une simplification heureuse, une économie bien venue et une sûreté plus grande pour l'éclatement; toutes conditions parfaitement de nature peut-être à ôter tout regret du forcement au moins dans le cas actuel et pour ce projectile spécial.

La fusée se ferait alors sur les mêmes dimensions extérieures que donne la figure 13. Elle serait *en bois*, avec six durées différentes, ce que rendrait facile son grand volume.

129... Malgré cette simplification importante, l'obus à balles restera un projectile compliqué et cher. C'est regrettable sans doute, mais il ne faut pas oublier que la faible proportion des schrapnels dans les approvisionnements autorise pour eux des minuties et des frais que ne saurait comporter la masse des projectiles courants.

§ 9. — POIDS DU PROJECTILE.

130... Je n'ai rien dit du choix du calibre, ou plutôt du poids du projectile, qui est cependant une question de premier ordre. C'est que je regarde une discussion de ce genre comme exclusivement du domaine des artilleurs, et qu'elle est du reste assez indifférente au point de vue des particularités qui feraient tout l'intérêt de la pièce divisionnaire que je propose. Ces particularités resteront les mêmes, quel que soit le calibre qui sera reconnu le meilleur. Seulement il me fallait une base pour la rédaction d'un projet, et si j'ai pris le poids d'obus de 5 k. 1/2 environ, c'est qu'il m'a paru réunir en ce moment les préférences des artilleurs.

Quel que soit le calibre auquel on s'arrête, il ne faut pas perdre de vue que l'adoption de l'alliage plomb et antimoine pour les projectiles permettrait, pour le même poids et la même longueur d'obus, une réduction de plusieurs millimètres sur le diamètre d'âme.

§ 10. — OBUS ORDINAIRE EN FONTE.

131... Enfin s'il s'en fallait tenir absolument au métal traditionnel pour les obus ordinaires, et renoncer aux séductions que me paraît présenter l'alliage dense de plomb et d'antimoine, je reste assez confiant dans l'influence du couple de nutation pour penser qu'il y aurait encore motif à des essais même avec des projectiles en fonte; c'est-à-dire en sacrifiant du même coup la densité plus grande, la perfection des formes et le forcement naturel. Seulement il faudrait probablement alors augmenter encore la saillie des ailettes dont le flanc de tir serait garni d'une bande glissière en zinc. L'inclinaison de ce flanc sur la tangente au corps d'obus serait réglée en vue d'un bon centrage. L'exemple du Whitworth prouve qu'on le peut obtenir très-suffisant malgré le vent qu'exige le chargement par la bouche des projectiles en fonte.

Rien en ce cas ne serait changé essentiellement soit à la bouche à feu, soit au schrapnel.

132... Une autre solution, plus complète que celle-là, et de nature à satisfaire les partisans du chargement par la culasse, consisterait dans le retour à ce mode de chargement et au forcement qu'il procure, tout en conservant les saillies continues à haut relief et leurs divers artifices de formes propres à développer le couple négatif de nutation.

En voici l'exposé en quelques traits.

Le projectile en fonte porterait, venues de coulée, les mêmes saillies-ailettes continues avec les mêmes accidents de forme que les obus décrits dans les paragraphes précédents. Une gaîne de plomb, analogue à celle des obus de 7, nouveau modèle, envelopperait à la fois et les ailettes et le corps cylindrique.

L'âme présenterait deux systèmes de rayures : le premier, à grande profondeur et à grande largeur, correspondrait aux saillies-ailettes préexistantes sur le projectile; le second, à rainures multipliées et peu profondes, analogue à ce qui est d'usage dans les pièces se chargeant par la culasse, régnerait aussi bien dans le fond des premières grosses rayures et sur leur flanc de chargement que dans la partie restée cylindrique de l'âme. Le flanc de tir des rayures resterait seul une surface lisse.

Le premier système s'étendrait jusque dans la chambre de chargement, de manière qu'en introduisant l'obus on engagerait, par le fait, dans les grosses rayures ses ailettes préexistantes, tout comme on le fait dans le chargement par la bouche.

Le second système de rayures ne commencerait, au contraire, qu'à l'avant de la chambre de chargement, ainsi que cela a lieu dans les pièces se chargeant par la culasse. Il est bien entendu que l'ensemble des petites

rayures secondaires présenterait, comme dans ces pièces, une diminution de diamètre soit pour l'âme, soit pour les fonds d'ailettes et aussi un rétrécissement de ces dernières, de nature à produire le forcement en tous sens des enveloppes de plomb.

Les grosses rayures du premier système auraient pour fonction spéciale de pourvoir au mouvement giratoire du projectile, dans un tir à grande charge et avec un pas très-court, conditions que ne supporteraient pas les petites rayures ordinaires de forcement.

Les petites rayures du second système auraient pour seule mission le forcement avec toutes ses conséquences de centrage et d'obturation des gaz, et se trouveraient déchargées par les autres de la grande fatigue du départ, provenant de la forte charge et du violent mouvement giratoire.

Le tracé des ailettes principales en vue des exigences du couple négatif de nutation serait parfaitement conciliable avec ces arrangements.

J'ai déjà dit, en effet, que le flanc de tir resterait lisse (il n'y a pas à craindre que cela nuise à la bonne obturation de l'âme, car ce flanc sera le siége d'une pression qui assurera et de reste un joint étanche). On lui donnerait en outre l'inclinaison reconnue utile (78) sur le corps d'obus. Le flanc de chargement serait disposé de son côté pour présenter, même après l'application de l'enveloppe de plomb, la forme dentelée de la figure 9. Les saillants des dents éprouveraient seuls le forcement, ce qui pourvoira à l'obturation des gaz sans nuire à la dentelure. Un léger rétrécissement des grosses rayures, de la culasse à la bouche, assurera l'obturation plus parfaitement encore pendant toute la durée de la décharge.

En somme on voit que la section de l'âme se tracerait selon les coupes des figures 12 et 13, avec cette particularité seulement que tout le pourtour du tracé, sauf les flancs de tir, serait dentelé de petites cannelures représentant les sections des rayures du système secondaire. Il est bon de noter que ces petites rayures, n'ayant plus à intervenir pour imprimer la rotation, pourraient ne présenter qu'une profondeur faible relativement à ce qui se pratique d'ordinaire pour le forcement des enveloppes malléables; il y aurait là une certaine économie de travail au départ.

Une artillerie divisionnaire ainsi combinée réunirait donc :

Tir à grande charge avec mouvement giratoire aussi intense qu'il sera nécessaire;

Fortes ailettes disposées pour le plus grand développement du couple négatif de nutation;

Forcement par les moyens ordinaires.

Mais il resterait toujours, relativement aux obus en alliage du paragraphe 2, le sacrifice de la densité et de la simplicité de fabrication.

§ 11. — DÉTERMINATION DES DIVERS ÉLÉMENTS DU PROJET.

133... L'expérience seule peut évidemment régler les divers détails de dimensions et de formes qui doivent constituer pratiquement un système de pièce divisionnaire.

C'est toujours à l'essai qu'il en faut venir surtout en artillerie, où les forces, les vitesses et les complications sont trop extrêmes pour être autrement déterminées.

Les considérations théoriques ne peuvent guère qu'indiquer les voies, et je ne leur ai pas demandé autre chose. Elles signalent en l'espèce la convenance de certaines dispositions et conditions de tir; mais c'est à l'expérience d'en régler la mesure pour atteindre le nécessaire et éviter le superflu ou l'excès.

Mes descriptions ou dessins n'ont donc de signification que celles de points de départ, très-discutables naturellement, des premières tentatives. Il est possible, par exemple, qu'il y ait lieu de donner plus d'importance que je n'en ai prévu au relief des ailettes. Le pas des rayures a été aussi évalué arbitrairement avec la seule préoccupation de le faire très-court. La charge de poudre, cet élément capital, je n'en ai même pas formulé une appréciation, on l'a déjà remarqué sans doute; je me suis borné à chercher pour la bouche à feu toutes les conditions de solidité de nature à admettre la plus forte charge possible.

En définitive, et bien que j'aie dû donner par des dessins des exemples de réalisation pour fixer les idées, c'est bien plus un programme que j'ai essayé de tracer qu'un projet de toutes pièces pour la rédaction duquel trop de choses me feraient défaut.

Il appartient aux hommes spéciaux, qui ont la haute responsabilité de ces graves matières, d'apprécier d'abord si mes idées méritent assez de considération pour des essais, et ensuite de régler la direction et les détails de l'étude expérimentale qui fournirait non-seulement la sanction de ces idées, mais aussi la détermination des éléments essentiels de la bouche à feu et des projectiles.

§ 12. — APPLICATION AUX ARTILLERIES LÉGÈRES.

134... Il est certain que les avantages à attendre des diverses dispositions proposées pour une artillerie de campagne seraient également à rechercher pour une artillerie de montagne ou, en général, pour toute artillerie légère dans laquelle le peu de masse des projectiles est une nécessité de nature.

Effectivement, moins les projectiles sont pesants et plus leur surface

est grande relativement à leur masse; plus par conséquent l'action de l'air est à considérer dans le tir.

C'est donc *à fortiori* qu'il y aurait lieu de s'occuper ici des artilleries légères.

135... Je renverrai snr ce point à ma description déjà citée d'une artillerie volante de très-petit calibre. On y verra que l'expérience a déjà fourni pour cette arme des portées et une précision supérieures à celles du 4 rayé français de campagne, et cela avec un obus en acier fondu, à surface lisse, non forcé, et une bouche à feu ne pesant que 47 kilog., c'est-à-dire se portant à l'épaule. Je ne crois pas me faire illusion en pensant qu'avec un léger accroissement de ce poids et en adoptant des projectiles en alliage dense armés d'ailettes saillantes et tirés avec forcement et grande charge, cette arme extra-légère, pour laquelle un seul attelage de 1,000 kil. emporterait à la fois deux canons, leurs affûts et 120 coups, atteindrait les mêmes éléments de tir que l'artillerie du jour la plus perfectionnée.

Est-il déraisonnable de prévoir qu'un pareil armement, se pouvant multiplier sans surcharger les parcs, serait susceptible d'un rôle considérable à titre d'auxiliaire des troupes et comme intermédiaire entre l'artillerie de campagne et les armes de main?

RÉSUMÉ.

J'ai cru utile de résumer ce travail en en reprenant toute la suite sous une forme plus succincte. On y trouvera plus saisissable l'enchaînement des idées; et le contrôle des déductions plus facile.

Le problème de la tension des trajectoires se réduit en somme à ces propositions de simple bon sens, en ce qui concerne le projectile :

Réduire au minimum la résistance de l'air; et pour cela offrir à la rencontre de l'air, pendant le trajet, une surface le plus réduite possible.

A cette fin, l'indication toute naturelle est d'allonger le projectile autant que le permettent les autres exigences matérielles de la question et de maintenir constamment l'axe de la plus grande longueur, selon les éléments successifs de la trajectoire, de façon que sans cesse la rencontre de l'air ne trouve que la section transversale du projectile. Enfin, il est encore indiqué de diminuer cette section transversale et l'ensemble des dimensions par l'accroissement de la densité.

Parmi ces conditions très-simples, il en est une, celle de l'orientation constante de l'axe de figure selon les tangentes à la trajectoire, qui n'a pu être réalisée encore d'une manière complète, malgré les progrès énormes accomplis par l'artillerie rayée. Une certaine stabilité est bien assurée à l'axe de figure par le mouvement giratoire qui s'établit autour d'un axe permanent de rotation; mais en raison même de cette stabilité, le projectile ne présente pas généralement sa pointe à la rencontre de l'air; il lui prête plus ou moins le flanc.

C'est donc de ce côté que l'intéressante question de la tension des trajectoires offre le plus à faire encore, et l'étude que je me suis proposée est principalement celle des moyens de maintenir l'axe de figure sur les éléments successifs de la courbe parcourue. Elle doit s'inspirer essentiellement de l'analyse du mouvement complexe des projectiles dans l'espace; j'ai donc pris pour point de départ les beaux travaux scientifiques dont cette matière a été l'objet.

Pendant sa course, un projectile peut être considéré, quelque général et compliqué que soit son mouvement, comme animé :

1° D'un mouvement de translation qui est celui de son centre de gravité et qui s'accomplit comme si en ce point était concentrée toute la masse et qu'y fut appliquée la résultante de translation de toutes les forces qui sollicitent à chaque instant le projectile.

Ce premier mouvement se fait selon la trajectoire.

2° D'un mouvement de rotation autour d'un des points du mobile, qui est le centre de gravité; ce mouvement s'accomplit comme si le centre de gravité était fixe et sous l'influence du couple initial de rotation et du couple résultant qui prendrait naissance par le transport fictif, à chaque instant, de toutes les forces, parallèlement à elles-mêmes, au centre de gravité.

Le second de ces deux mouvements présente des conditions bien définies pour le cas particulier à l'artillerie rayée, c'est-à-dire dans le cas où le projectile est animé d'une rotation initiale autour de son axe de figure. La rotation autour du centre de gravité est alors un mouvement conique, dit mouvement *nodal*, que l'axe de figure décrit autour de ce point comme sommet. La surface conique serait de révolution avec la tangente à la trajectoire pour axe, sans une certaine variation de l'angle au sommet, variation qui a reçu le nom de *nutation*.

En même temps que l'axe de figure accomplit son mouvement conique, compliqué de la nutation, le projectile effectue autour de cet axe de figure le mouvement giratoire qui a pris naissance dans les rayures hélicoïdales de l'âme.

Les trois mouvements ci-dessus, savoir : le nodal, la nutation et la rotation sur l'axe de figure, qui constituent, en se composant, tout le mouvement rotatoire du projectile autour de son centre de gravité, sont liés par des lois connues aux couples, soit initial de rotation, soit extérieurs, qui agissent à chaque instant sur le mobile. Ces lois sont les suivantes :

Le couple résultant extérieur *a* peut se décomposer à chaque instant du mouvement en trois composants dont les axes concourent au centre de gravité. Le premier *a'* ayant pour axe l'axe de figure ; le second *a''* ayant pour axe une normale à l'axe de figure et au plan *azimutal*, c'est-à-dire au plan qui, entraîné dans le mouvement conique de l'axe de figure autour de la tangente, contient sans cesse ces deux droites; le troisième *a'''* ayant pour axe une normale aux deux axes de *a'* et de *a''*, c'est-à-dire une perpendiculaire à l'axe de figure dans le plan azimutal.

Le premier couple composant *a'* n'a d'autre effet que de faire varier la vitesse giratoire autour de l'axe de figure et n'influe en rien sur le mouvement de cet axe lui-même.

Le deuxième couple, composant *a''*, est sans effet sur la vitesse giratoire autour de l'axe de figure; mais il produit le déplacement de cet

axe et lui fait décrire un cône de révolution autour de la tangente à la trajectoire. La vitesse de ce mouvement conique est en raison directe de la grandeur de a'', qui n'a d'ailleurs aucune influence sur l'ouverture d'angle au sommet du cône décrit. Ce second composant produit donc le mouvement nodal de l'axe de figure et n'a aucune autre action ; c'est le couple *nodal*.

Le troisième couple composant a''' est également sans effet sur la vitesse giratoire autour de l'axe de figure et n'agit pas davantage sur le déplacement de cet axe le long de la surface conique de révolution, mais il tend constamment à modifier l'angle d'ouverture au sommet de cette surface. La vitesse d'accroissement de l'angle au sommet est en raison directe de la grandeur de a'''. Ce troisième composant a donc pour fonction unique de produire la nutation de l'axe de figure ; c'est le couple de *nutation*.

De ces diverses fonctions bien définies des trois couples composants ressort de suite l'important enseignement que le troisième seul, c'est-à-dire le couple de nutation, offre quelque moyen de produire une orientation de l'axe de figure favorable à l'amoindrissement de la résistance de l'air, autrement dit à la plus grande tension de la trajectoire. En effet, le premier composant a' est sans action sur la position de l'axe de figure, et a'' ne fait que déplacer cet axe le long d'une surface conique autour de la tangente sans pouvoir en modifier l'angle au sommet. Le couple de nutation seul se trouve avoir le rôle de modifier cet angle β, qui est précisément d'ailleurs l'inclinaison de l'axe de figure sur l'élément actuel de la trajectoire.

Si donc il est possible de disposer les choses, soit dans le tracé du projectile, soit dans le mouvement initial qui lui est imprimé au sortir de l'âme, de façon qu'un couple de nutation prenne naissance pendant le trajet ; qu'il soit négatif, c'est-à-dire provoque sans cesse une diminution de l'angle β, et qu'il soit d'autant plus énergique que cet angle tendra à s'ouvrir davantage par suite des causes intervenant dans le mouvement général, on aura résolu la question de l'orientation de l'axe de figure selon la tangente à la trajectoire. Le couple négatif de nutation deviendra ainsi le tuteur de l'axe de figure, empêchant de naître l'angle β ou en restreignant l'ouverture et la ramenant à 0 aussitôt que d'autres causes provoquent son apparition [1].

Or, la chose est possible, en utilisant pour cela précisément la résistance de l'air qu'il s'agit de combattre.

Le couple résultant a, dont je viens de rappeler la décomposition en

1. J'ai expliqué, dans le cours de ce travail, comment ces causes résident principalement dans l'abaissement constant de la trajectoire vers le sol. A l'origine, c'est ce qui fait naître l'angle, c'est ce qui tend à l'accroître durant le trajet.

trois autres a', a'', a''', est en effet uniquement dû à la résistance de l'air; car la pesanteur ne fournit pas de couple autour du centre de gravité. Le couple de nutation n'a donc d'autres éléments constitutifs que des résistances dues à l'action de l'air, et il suffit de disposer sur la surface du projectile des appendices offrant à l'air des buttées étudiées de façon à produire une somme de moments négatifs autour de l'axe du couple de nutation. L'énergie de ces moments peut être augmentée considérablement par un autre moyen dont on dispose aussi; c'est l'accroissement du mouvement giratoire initial autour de l'axe de figure.

Les appendices dont il s'agit n'ont pas à constituer un organe nouveau et spécial : les saillies-ailettes, indispensables déjà pour imprimer dans l'âme la rotation initiale, y suffisent parfaitement. Il sera seulement nécessaire de leur donner de la saillie, de la continuité et de la force; toutes conditions que nécessiterait à lui seul l'accroissement dans la vitesse de rotation initiale.

Une considération bien simple permet d'apprécier le rôle des ailettes et de régler leur forme et leur disposition en vue du développement du couple négatif de nutation, c'est la considération de la vitesse relative de l'air par rapport aux divers points de la surface du projectile en mouvement. La direction de cette vitesse donne celle des forces résistantes qui se produisent à la rencontre des divers flancs d'ailettes avec l'air. Il n'y a plus alors qu'à combiner la forme des flancs, de manière à favoriser autant que possible celle de ces forces qui ont un moment négatif par rapport à l'axe de a'''.

En appliquant cet examen aux diverses zones qui constituent le corps du projectile, on arrive à reconnaître :

1° Que dans les deux régions placées symétriquement à un instant donné de chaque côté du plan azimutal, les flancs d'ailettes sont attaqués par l'air avec des vitesses inégales, d'où des forces résistantes inégales aussi, dont la plus grande se trouve précisément avoir un moment négatif par rapport à l'axe de a''' ; de là un premier appoint négatif pour le couple de nutation. D'autant plus que les résistances les plus grandes ont en même temps l'incidence la moins aiguë avec leurs flancs respectifs.

2° Que dans les régions placées aux environs des deux traces du plan azimutal sur la surface du projectile, les flancs d'ailettes sont attaqués par l'air, savoir : dans la région antérieure (par rapport au sens du mouvement de translation), selon une direction qui crée une résistance de moment négatif, comme couple de nutation, et, dans la région postérieure, selon une direction d'où résulte un moment positif; mais, vu les différences de densité de milieu, vu surtout la position *masquée* de la région postérieure, le premier de ces moments est prédominant de beaucoup. De là un second appoint pour le couple négatif de nutation.

Déjà de cette première analyse résulte ce fait important que, pour le

développement naturel d'un couple négatif de nutation, c'est-à-dire pour provoquer une plus grande tension de la trajectoire, il ne faut pas des projectiles lisses de surface, mais qu'il est bon de les armer de saillies prononcées et continues; que, de plus, il faut des projectiles plus allongés qu'il n'est d'usage en artillerie, la plus grande longueur développant les résistances utiles contre les flancs d'ailettes; et qu'enfin il leur faut un mouvement de rotation très-rapide.

Ces déductions trouvent une sanction assez nette dans le projectile Whithworth, qui se trouve précisément le seul des projectiles usuels à répondre de tous points à ces données, puisqu'il réunit une grande longueur, des saillies-ailettes continues et assez prononcées pour constituer un corps à section polygonale et une très-grande vitesse de rotation.

Or, en même temps que le projectile Whitworth présente ces coïncidences avec le programme ci-dessus, il se trouve fournir les plus beaux éléments de tir, même pour les plus petits calibres, et sans avoir recours à aucun des artifices de forcement qui constituent les perfectionnements du jour.

Est-ce à dire que le Whitworth soit un dernier mot? Nullement. Mais j'y trouve en passant une confirmation très-heureuse des indications déjà obtenues et la pensée de poursuivre la recherche en vue d'en tirer d'autres enseignements propres à développer les avantages dont le Whitworth présente une première réalisation.

Reprenant pour cela l'étude des diverses régions constituant la surface du projectile, j'observe d'abord que, pour les zones symétriques latérales au plan azimutal, l'attaque de l'air, du côté où elle est dominante avec un moment négatif de nutation, se fait contre les flancs de chargement des ailettes, tandis que, de l'autre côté, où la vitesse de rencontre est moindre et le moment positif, l'attaque se fait contre les flancs de tir.

J'observe, en outre, que dans la région qui avoisine la trace antérieure du plan azimutal, l'attaque de l'air, qui donne lieu à un moment négatif dominant, se fait encore contre les flancs de chargement, tandis que, dans la région opposée (la postérieure), où le moment est positif et de plus faible grandeur, c'est contre les flancs de tir que se fait l'attaque de l'air.

De sorte que tous les appoints constitutifs d'un couple de nutation positif, c'est-à-dire nuisibles à notre objet, sont dus à des réactions contre les flancs de tir, tandis que tous les appoints utiles sont dus à des réactions contre les flancs de chargement.

Il s'ensuit que, pour exalter les derniers et assurer par là au couple négatif de nutation toute l'intensité possible, il faut à la fois :

1° Dérober, autant qu'il se peut, les flancs de tir à l'air, en leur donnant, par exemple, une certaine inclinaison sur la normale au corps

d'obus, ce qui n'est pas sans convenance au point de vue du tir, et en leur laissant tout le poli et toute la continuité de surface qui sont d'ailleurs dans les nécessités de leur importante fonction dans l'âme pendant la décharge;

2° Disposer, au contraire, les flancs de chargement de manière à y provoquer les réactions les plus énergiques du fait de la rencontre de l'air; à cette fin, les établir normaux au corps d'obus, et au lieu de leur laisser la figure d'une surface hélicoïdale unie, contre laquelle l'air glisse plus ou moins en raison de son incidence toujours assez aiguë, les tracer en forme de crémaillère à redans offrant à l'air une suite de véritables buttées:

L'étude détaillée des diverses forces résistantes, à moment de nutation négatif, conduit encore à d'autres conséquences que ce résumé ne peut qu'indiquer succinctement. C'est ainsi qu'on est amené à prolonger, autant que possible, vers l'avant, les lignes d'ailettes, à en augmenter le nombre, et peut-être aussi à les garnir, vers le talon, d'entailles ou encoches interrompant leurs saillies.

Ayant ainsi abouti à un projectile dont la surface, au lieu d'être lisse comme cela a lieu relativement dans la pratique actuelle, se trouverait hérissée d'aspérités créées à loisir, il y avait lieu de se demander d'abord si, en multipliant ces obstacles et en exagérant leur saillie dans le sens propre à développer le couple a''' négatif, on ne risquait pas de dépasser le but et de faire naître un angle β négatif lui-même; et ensuite si les résistances ainsi préparées ne constituaient pas, en tout cas, une condition trop préjudiciable à la conservation de la vitesse initiale, et n'exposaient pas à perdre d'un côté ce qui pourrait être gagné de l'autre.

A la première de ces questions, la réponse est péremptoire. Un angle β négatif ne saurait naître, attendu que pour $\beta = 0$, tous les moments constituant le couple de nutation deviennent simultanément nuls[1]. Ces moments ne prennent de la valeur qu'au fur et à mesure de l'accroissement de l'angle β lui-même.

Quant à la seconde question, quels que soient le nombre et le relief des ailettes, il est clair que la résistance de l'air qu'elles provoquent dans le sens de la translation se réduit à celle qui naîtrait de la présence d'un simple anneau équatorial de même saillie; or, si réellement l'effet obtenu est de maintenir l'axe de figure selon les éléments successifs de la trajectoire, la résistance d'un pareil anneau est peu de chose comparée à ce qu'on évite en dispensant le projectile de prêter, plus ou moins obliquement, toute une moitié de sa surface à la rencontre de l'air[2]. Les

1. Il serait trop long de rappeler ici les réserves que comporte cette affirmation. Voir n° 86, page 556.

2. Se reporter sur ce point aux explications et développements du n° 90, page 557.

autres résistances contre les ailettes, c'est-à-dire celles qui ne sont pas dirigées selon la translation, n'ont d'effet que sur la vitesse de rotation qu'elles tendent à éteindre. Aussi le projectile doit-il emporter au sortir de l'âme, comme approvisionnement de cette vitesse, un mouvement giratoire rapide. C'est encore, il est vrai, une certaine dépense du travail de la poudre, mais qui ne sait combien sont justifiés en artillerie des sacrifices de ce genre?

Il est d'ailleurs bien entendu que c'est à l'expérience à prononcer en définitive sur la mesure à garder, soit comme relief, nombre et dentelures des ailettes, soit comme rapidité du mouvement de rotation initial. Il semble seulement indiqué que les premières tentatives ne devront pas craindre de développer beaucoup ces divers éléments.

M'appuyant sur les considérations qui précèdent, et en faisant application à une pièce d'artillerie divisionnaire, je propose un projectile du poids de 5 kil. et demi, de grande longueur, armé de nombreux rangs d'ailettes continues très-saillantes et prolongées vers l'avant. Les divers flancs sont agencés, comme il a été expliqué ci-dessus. La figure 12 donne le détail de ce projectile.

M'appuyant, en outre, sur d'autres considérations d'un intérêt de premier ordre au point de vue général du tir, telles que la convenance d'une grande densité et les avantages du forcement dans l'âme, je propose de faire le projectile, non en fonte, mais en un alliage de plomb et antimoine présentant une densité de 10,77.

En dehors de cette densité considérablement supérieure à celle de la fonte (7,3), les projectiles nouveaux auraient l'avantage d'une perfection de moulage qui assurerait la régularité complète de leurs formes géométriques, leur concentricité à peu près absolue et la faculté de ne laisser qu'un vent insignifiant, même en chargeant par la bouche, et tout cela moyennant de grandes facilités de fabrication.

Mais l'avantage principal de l'alliage à base de plomb serait le forcement naturel du projectile, par le seul fait de son inertie au moment du départ, et sous forme d'un gonflement régulier de son diamètre jusqu'à application hermétique contre les parois de l'âme.

J'ai constaté par expérience directe cette précieuse faculté de forcement, qui n'entraînerait en aucune façon la nécessité de charger par la culasse; et j'ai constaté en même temps que la douceur et la malléabilité de métal qu'elle accuse n'empêche pas un éclatement tout à fait efficace et se présentant même comme supérieur à celui que fournit la fonte au point de vue du nombre des éclats, comme de leur régularité.

La bouche à feu se trouve donc être à chargement par la bouche, et présenter les avantages les plus sérieux du forcement, sans les complications d'une culasse mobile.

La figure 11 donne le tracé de la pièce dont le poids est de 450 kilog. Elle est en acier fondu doux, trempé; les tourillons et le tampon de culasse sont rapportés après coup.

Moyennant cet ensemble de précautions, et grâce aux progrès récents de l'industrie de l'acier, on réalisera probablement une ténacité sans exemple en artillerie. La pièce admettra donc le tir aux plus fortes charges, en même temps que le projectile, par sa robuste armature d'ailettes, se prêtera, malgré la grande vitesse au départ, à un mouvement giratoire d'une intensité également sans précédents. J'ai prévu un pas d'hélice de $1^m,20$, c'est-à-dire plus court de 1/7 que dans le Whitworth de même calibre, qui est déjà un extrême sous ce rapport.

Pour compléter les principaux éléments de ce système d'artillerie, j'ai étudié un obus à balles dont la figure 13 donne les détails.

Enfin, prévoyant les répugnances qui attendent sans doute l'application aux obus d'un alliage à base de plomb, j'ai présenté une combinaison qui concilierait le maintien de la fonte comme métal de projectile, avec l'emploi des ailettes à haut relief, continues, dentelées, etc., et aussi avec le forcement.

Il n'y a pas à répéter ici l'exposé déjà très-sommaire que j'ai fait de cette solution.

APPENDICE

J'ai fait cette étude en janvier 1872. Depuis cette époque, il ne paraît pas qu'une solution définitive soit intervenue en France comme type d'artillerie de bataille. Les recherches et les essais de toute sorte se continuent encore.

Il faudrait, pour blâmer ces longues hésitations, oublier que le problème est aussi difficile qu'il peut être pressant. Nous avons à refaire par le pied notre matériel de campagne dans un moment où les progrès énormes accomplis depuis quelques années sous l'effort ardent de toutes les puissances militaires n'ont pas encore atteint le desideratum du canon de campagne, bien qu'on ait comme épuisé tous les perfectionnements dont semble susceptible ce genre de bouche à feu.

Le canon *de Reffie*, ramené par son auteur à un calibre moindre que le 7, résume probablement en lui la quintescence de ce que la science et l'industrie ont mis jusqu'à présent à la disposition de l'artilleur. Cette pièce fait incontestablement le plus grand honneur à l'habile et savant officier qui l'a conçue et perfectionnée. Est-ce cependant un dernier mot? Qui oserait l'affirmer; et qui pourrait nier que la grosse artillerie de marine, par exemple, est encore plus près de ses solutions définitives, malgré la difficulté matérielle de réaliser les formidables engins qu'elle met en action[1]?

C'est que l'infériorité d'une artillerie très-légère par nature, comme celle de campagne, est dans la force des choses. On aura beau recourir aux vitesses initiales extrêmes, aux viroles de forcement en cuivre, aux âmes en acier dur et à toutes les finesses de ce genre qui sont devenues le domaine de l'artilleur, on ne fera ainsi que ce que fait déjà la grosse

1. Notre artillerie de marine en est, je crois, à un type de canon de 25 tonnes, donnant des vitesses initiales effrayantes; et ce type est réalisé par des moyens courants, *industriels*, et même grandement économiques relativement à ce que fait l'étranger.

artillerie. Un peu plus de fini ou de réussi dans tout cela vaudra un progrès sans doute, mais ne saurait procurer à des projectiles sortant des caissons de campagne des trajectoires approchant celles des projectiles de marine cinquante ou soixante fois plus lourds. Ceux-ci ont dans leur énorme puissance vive de quoi se jouer, comparativement au moins, des résistances de l'air qui restent au contraire prédominantes à l'égard de mobiles de quelques kilos et leur créent des conditions balistiques tout autres.

S'inspire-t-on bien suffisamment de cette différence profonde du problème quand on s'en tient pour l'artillerie de campagne aux mêmes procédés de solution que pour la grosse artillerie?

Je ne dis là rien de nouveau en principe. La leçon que je ferais, si j'en voulais faire une sur l'influence du poids des projectiles, serait trop naïve tant c'est élémentaire. Et pourtant on cherche en vain dans les divers modèles de canons légers du jour ce qui devrait répondre en propre aux nécessités spéciales de leur petit format. Boulets et canons sont traités de même, qu'il s'agisse de projectiles de quatre kilos ou de trois cents kilos; c'est du petit au grand pour les nécessités d'exécution, mais les artifices contre la résistance de l'air sont au fond identiques; au point que c'est partout la même inclinaison de rayures, ou à peu près.

Cet état un peu singulier de la question m'encourage à soumettre instamment aux hommes qui ont chez nous la responsabilité de ces graves labeurs les aperçus du présent travail, qui a l'ambition de s'attaquer précisément aux résistances de l'air sur les petits projectiles, comme à la grosse difficulté du cas. J'espère l'examen, sans parti pris, de mes solutions, dont les grands traits sont : d'abord un accroissement considérable de la densité des obus, condition dont l'excellence en elle-même est classique et qui n'a de nouveau ici que les moyens de réalisation; ensuite un franc sacrifice de la tradition des formes superficielles unies dans les projectiles pour y substituer des saillies à haut relief combinées pour le développement du couple de nutation pendant le trajet; enfin l'adoption dans le même but, d'un mouvement rotatoire carrément rapide pour lequel les saillies en question, fonctionnant comme ailettes inarrachables, fournissent précisément le puissant organe mécanique nécessaire.

Qu'on ne s'arrête pas à ce que ces dernières propositions peuvent présenter d'étrange, qu'on vérifie bien plutôt l'ordre d'idées dont elles découlent et qui consiste à demander aux réactions du milieu ambiant lui-même le correctif de ses propres effets perturbateurs. Si la prise offerte ainsi aux résistances de l'air est une utile part du feu; il ne serait pas plus sage de la repousser *à priori* pour ce qu'elle a d'insolite à première vue, qu'il n'eût été sage de proscrire la rayure à l'avance sous le prétexte qu'elle occasionne un mouvement giratoire parasite plus violent que ceux qu'elle doit corriger.

Qu'on veuille bien considérer surtout que sur ces derniers points mes déductions s'appuient constamment et se corroborent des beaux éléments de tir fournis par le whitworth de petit calibre. Voilà un canon déjà ancien qui, dédaignant profondément les artifices les plus recherchés dans l'artillerie perfectionnée d'aujourd'hui, envoie les plus petits projectiles bruts de fonte, sans la moindre précaution de forcement à des distances et avec une justesse inconnues avant lui. Que sont ces résultats du petit whitworth sinon une énigme en balistique; à moins qu'on n'en vienne à fouiller les effets détaillés des réactions de l'air contre les surfaces tournantes des projectiles?

Suis-je parvenu à faire naître la pensée qu'une étude de ce genre n'explique pas seulement des résultats acquis, mais peut apporter aussi un appoint utile pour des perfectionnements intéressants de l'artillerie de campagne?

A. Pinat,
Ingénieur des forges d'Allevard.

TABLE DES MATIÈRES

DE L'ARTILLERIE DE CAMPAGNE

CHAPITRE VI.

Programme d'une artillerie divisionnaire déduit des considérations précédentes.

CHAPITRE VII.

Application à un projet d'artillerie divisionnaire.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

LAURENT (CHARLES-AUGUSTE)

PAR M. LOUIS LE BRUN.

L'année 1870 aura été fatale à notre Société, et, parmi les nombreuses pertes que nous avons faites, nous avons la douleur de compter celle d'un de nos meilleurs et de nos plus sympathiques collègues, LAURENT (Charles), notre regretté vice-président, enlevé à sa famille et à ses nombreux amis, le 28 décembre 1870 à l'âge de 49 ans.

Laurent (Charles-Auguste) naquit à Écouen le 9 mai 1821. Entré à l'École des Arts et Métiers d'Angers en 1837, il en sortit en 1840 après avoir fait ses trois années d'étude. A sa sortie de l'école, il fut placé chez M. Saulnier de La Monnaie, chez lequel il travailla plusieurs années comme dessinateur. La maison Saulnier ayant liquidé, Laurent entra dans les ateliers de MM. Ch. Derosne et Cail, où il travailla manuellement, mais il ne fit dans cet établissement qu'un séjour de quelques mois.

En 1844, il entra chez l'ingénieur Degousée, entrepreneur de sondages. Sous la direction d'un pareil maître, Laurent fit de rapides progrès et devint bientôt l'un de ses directeurs de sondage.

M. Degousée ayant reconnu chez Laurent une grande intelligence et les aptitudes nécessaires à un chef d'établissement, l'attacha plus étroitement à ses entreprises, et en janvier 1848, il lui accorda la main d'une de ses filles, mademoiselle Adeline Degousée, en faisant de lui son associé ; puis, fatigué de ses nombreux travaux, il lui abandonna presque entièrement la direction de ses affaires. Laurent justifia largement la confiance qui lui avait été accordée ; d'un caractère juste et conciliant, il sut s'entourer de jeunes et intelligents collaborateurs, presque tous anciens élèves de nos écoles, pour en faire des directeurs de sondages, ce qui lui permit d'entreprendre des travaux même dans les contrées les plus éloignées, et il augmenta considérablement les relations de la maison Degousée. Ses connaissances géologiques et scientifiques furent souvent mises à profit à l'étranger, notamment en Italie, en Grèce, en

Espagne, en Angleterre, dans le Sahara oriental, et enfin à l'isthme de Suez.

A la suite de chacune de ses explorations, d'où il rapportait des documents intéressants, il faisait des communications aux diverses Sociétés savantes dont il était membre.

On lui doit, entre autres ouvrages :

Le *Guide du Sondeur*, ouvrage fort estimé et unique dans ce genre, qu'il publia en collaboration de M. Degousée, son beau-père.

Une *Étude* sur les provinces du Levant de l'Espagne, au point de vue de l'aménagement des eaux.

Une *Étude* très-étendue sur le Sahara oriental, où il indiqua les points principaux des sondages à faire pour rencontrer les sources souterraines. Les journaux de l'époque publièrent les succès obtenus et les résultats merveilleux qui en furent la suite.

Une *Étude géologique* très-complète sur la nature des terrains dont est formé l'isthme de Suez, avec coupes, figures, clichés, et la reproduction de la Stèle de Couban. Enfin plusieurs notices sur les diverses applications de la sonde.

Les Bulletins de notre Société renferment des articles de Laurent, en outre de ce qu'il a publié dans les Bulletins des diverses autres Sociétés dont il faisait partie. Membre fondateur et perpétuel de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, et son vice-président pendant plus de dix ans, il a largement contribué à la prospérité de cette Société.

Il était depuis longtemps membre de la Société géologique de France, de la Société entomologique; de la Société philomatique dont il a été président; il était vice-président de notre Société depuis plusieurs années, et il fut devenu bien certainement président, suivant le vœu d'un grand nombre de ses collègues.

Par son caractère aimable et obligeant, Laurent s'était créé de vives amitiés parmi les membres de ces diverses Sociétés.

Il a voulu laisser un souvenir à chacune d'elles, et il chargea sa digne compagne de l'exécution de ses libéralités. Il légua à notre Société divers ouvrages pour notre bibliothèque, et une peinture à l'huile représentant Bernard Palissy exécutant son premier sondage. Cette peinture est due au pinceau d'un de nos bons artistes, M. Hamma, qui s'est attaché à reproduire les traits de M. Degousée père, dans le personnage de Bernard Palissy.

Laurent était chevalier de la Légion d'honneur depuis 1861.

Au commencement du siége de Paris, il avait voulu utiliser ses connaissances et le peu de forces qui lui restaient pour contribuer à la défense nationale.

Il fut placé à la tête d'un service d'arrondissement pour organiser les secours et prendre les précautions nécessaires en cas d'incendies causées par le bombardement. Il regrettait bien vivement que sa santé ne

lui permit pas d'occuper un poste plus actif, où il pût agir d'une manière plus utile au service de son pays. Mais atteint d'une maladie de cœur dont il commençait à ressentir les terribles effets, il dut bientôt se condamner à un repos absolu, et, malgré les soins si touchants que lui prodigua son excellente femme, il succomba, le 28 décembre 1870, à l'époque la plus triste du siége de Paris.

Tous ses collègues enfermés comme lui dans Paris, ainsi qu'un grand nombre d'ingénieurs et de savants, se firent un devoir d'accompagner son corps à sa dernière demeure, et M. Martin, président de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers et membre de notre Société, prononça sur sa tombe un discours dans lequel il retraça, en quelques mots, l'existence si courte et si bien remplie de notre cher collègue. Par la position qu'il avait acquise dans le monde industriel et parmi les hommes de science, Laurent est assurément un des membres qui font le plus d'honneur à notre Société. Il laisse d'unanimes regrets parmi tous ceux qui l'ont connu, et son souvenir sera toujours cher à notre Société.

TABLE DES MATIÈRES

Paris. — Imprimerie de VIÉVILLE et CAPIOMONT, rue des Poitevins, 6.
IMPRIMEURS DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

